

ERBAUINGENIEUR

ITSCHRIFT FÜR DAS GESAMTE BAUWESEN

Herausgeber: Prof. Dr.-techn. h. c. Dr.-Ing. K. Sattler / Berlin

Mitherausgeber: Prof. Dr.-Ing. A. Mehmel / Darmstadt

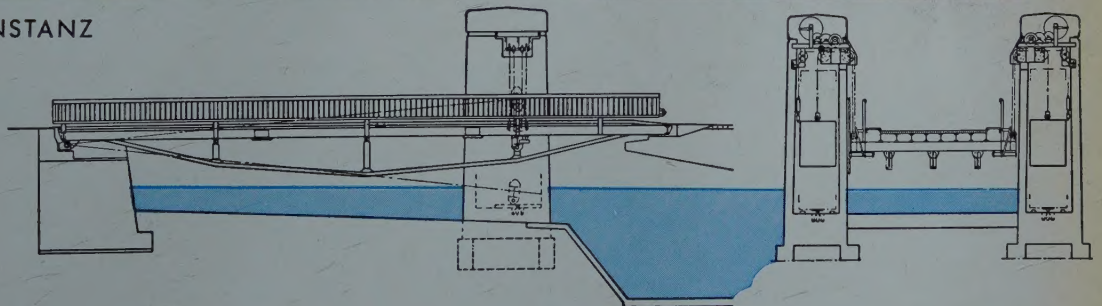
SPRINGER-VERLAG BERLIN GÖTTINGEN HEIDELBERG

1960

8



FÄHRANLEGER KONSTANZ



Die Fährbrücken von 4,5 m Breite und 20 m Länge sind landseitig in Drehlagern abgestützt und 5 m vor dem seeseitigen Ende aufgehängt. Die Brücken sind durch Gegengewichte nahezu ausgeglichen; sie werden durch Seilwindwerke, die auf den Hubtürmen untergebracht sind, bewegt bzw. eingestellt. Die max. Hubveränderung beträgt 4 m und die Hubgeschwindigkeit an der Brückenspitze 0,8 m/min.

FÄHRANLEGER • LANDESTEGE

HUBBRÜCKEN • DREHBRÜCKEN

KLAPPBRÜCKEN • SCHWIMMBRÜCKEN

M.A.N.

MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG AG • WERK GUSTAVSBURG

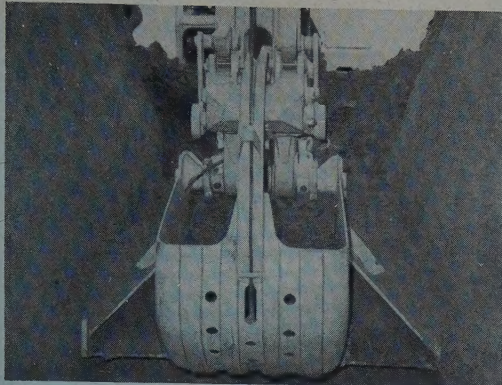


Die hervorragenden
statischen Eigenschaften des Stahlrohrs
geben dem Konstrukteur die Möglichkeit,
materialsparende und besonders wirtschaftliche
Konstruktionen zu schaffen.

Unsere Spezialisten
schweißen alle Stahlrohrkonstruktionen aufaufertig
und beraten Sie gern bei Ihren Planungen.

PHOENIX-RHEINROHR AG
VEREINIGTE HUTTEN- UND RÖHRENWERKE DUSSELDORF





Mit verbreitertem Tieflöffel wird hier ein 1,66 m breiter Graben in einem Schnitt ausgehoben. Auch das Ausbaggern anderer Grabenbreiten in einem Schnitt ist je nach Verwendungszweck und Bodenbeschaffenheit möglich.



B 406 mit Spezialhochlöffel in einem Steinbruch

DEMAG- UNIVERSAL-BAGGER B 406 0,7 m³



Zur Deichbefestigung werden mit einer Steinzange Betonklötze verfüllt

B 406 auf luftbereiftem Unterwagen mit Polypgreifer beim Verladen schwerer Felsstücke



Den DEMAG-Universalbagger B 406 trifft man in Kiesgruben, in Steinbrüchen aller Art, beim Straßenbau, im Braunkohletagebau, bei Flußregulierungen, bei der Durchführung von Spezialaufgaben (siehe Abb.) und an vielen anderen Einsatzstellen.

Er gehört zu den meistgefertigten Serienmaschinen innerhalb des DEMAG-Baggerprogramms.

Der B 406 ist modern, leistungsfähig und sehr beweglich.

Zur Serienausrüstung gehören u. a.:

- Vollsichtfahrerhaus
- Luftsteuerung
- Drehmomentwandler oder Flüssigkeitskupplung
- Schlingbandbremsen
- nahezu wartungsfreie Kugeldrehverbindung
- staubgeschützter Unterwagen
- luftgekühlter Dieselmotor
- Hilfswinde zum Auswerfen des Greifers oder dessen Beruhigung

Er ist auch auf Mobil- oder Lkw-Fahrgestell lieferbar.

Fragen Sie unsere Fachingenieure. Sie beraten Sie gerne und nennen Ihnen das richtige Gerät für Ihren speziellen Einsatz. Wählen Sie innerhalb unseres 10 Grundtypen umfassenden Produktionsprogramms Ihren Universalbagger von 0,4 bis 7,0 m³ Grabgefäßinhalt.

DEMAG BAGGERFABRIK GMBH

DÜSSELDORF - BENRATH

Werksvertretung Inland: BAUMASCHINEN-UNION GMBH mit Ingenieurbüros in Berlin, Bremen, Düsseldorf, Essen, Frankfurt am Main, Freiburg i. Br., Hamburg, Hannover, Kassel, Koblenz, Köln, Mannheim, München, Nürnberg und Stuttgart

SÄMTLICHE MASCHINEN FÜR ASBESTZEMENTANLAGEN

von der Stoffaufbereitung bis zur Prüfung der Fertigware.

Maschinen zur Naß- oder Trockenaufbereitung von Asbestzement/
Asbestsilos.

Ein- bis Dreisiebzyylinder-Plattenmaschinen / Plattenstraßen für ebene
und gewellte Platten, kombiniert, automatisch oder halbautomatisch /
Entstapelungsanlagen kombiniert mit Reinigungs- und Einölstraße für
ebene und gewellte Bleche, auch für automatischen Betrieb / Stanz- und
Beschneidemaschinen sowie hydraulische Pressen

Rohrwickelmaschinen für Druckrohre bis 5 m Länge
und bis 1000 mm lichte Weite / Rohr- und Muffen-
drehbänke / Rohr- und Trennschleifmaschinen / Rohr-
und Muffenprüfpressen / Formierkalanders für glatte
und Muffenrohre / Mandril-Ausziehmaschinen / Auto-
klaven für die Abbindung von Asbestzementplatten
und Asbestzementrohren / sowie diverse Aggregate,
Pumpen und Zubehör.

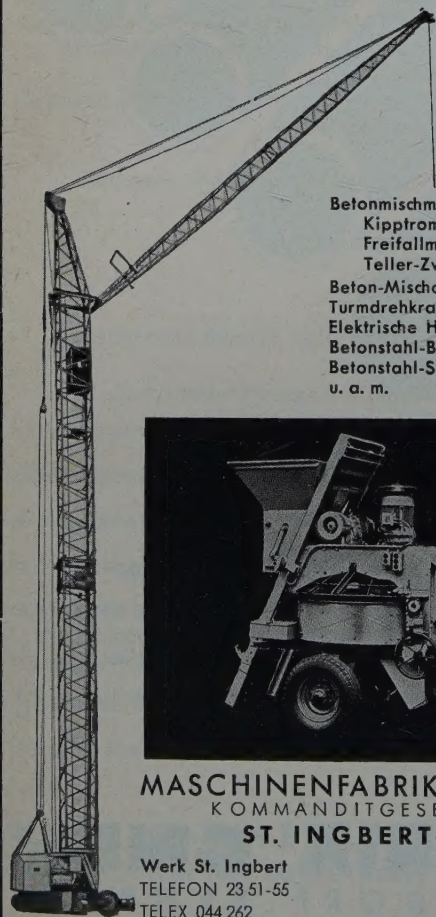
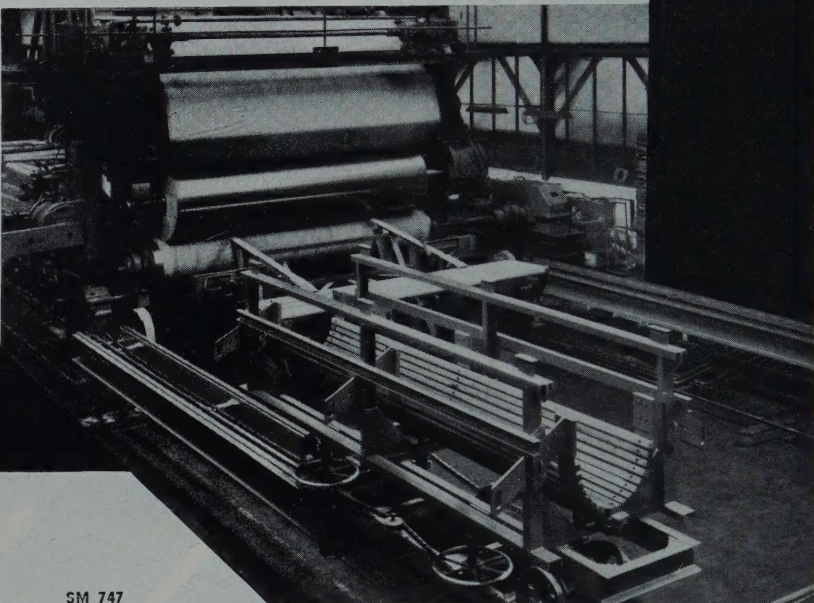
Interessenten stellen wir gerne unsere Spezialpro-
spekte zur Verfügung.

J.M.VOITH A.C.

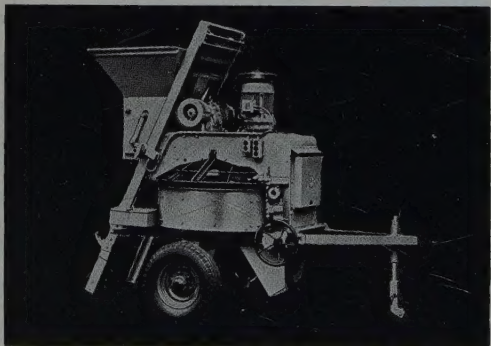
ST. PÖLTEN — ÖSTERREICH

Postfach 168 / Telefon 2301 / Fernschreiber 01 510

SM 747



Betonmischmaschinen:
Kipptrommelmischer
Freifallmischer
Teller-Zwangsmischer
Beton-Mischautomaten
Turmdrehkrane
Elektrische Handschraper
Betonstahl-Biegemaschinen
Betonstahl-Scheren
u. a. m.



MASCHINENFABRIK OTTO KAISER
KOMMANDITGESELLSCHAFT
ST. INGBERT-SAAR

Werk St. Ingbert
TELEFON 23 51-55
TELEX 044 262

Werk Oberlahnstein
TELEFON 541-543
TELEX 086 822

RHEAX

Geräte zur Einhaltung
konstanter Sieblinien.

Regelmäßige Betongüte
Zementersparnis

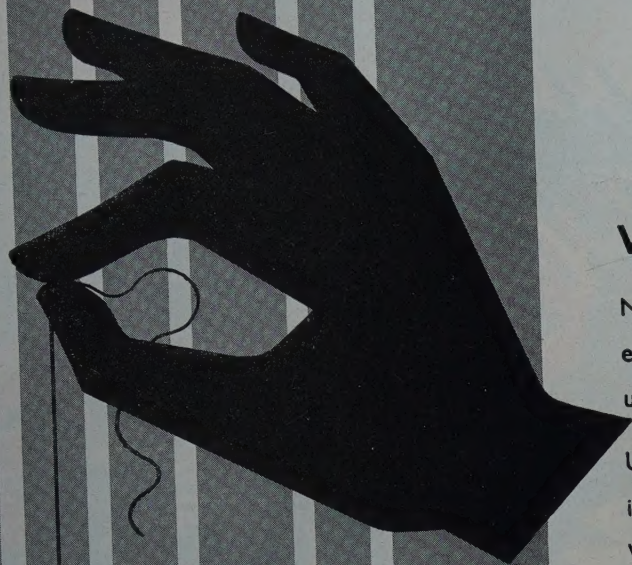
CHEMIE UND METALL

Wien I · Wollzeile 12

Telefon
52 54 28

Telegr.
Chemiemetall

Telex
1325



Vollkommen gerade

Neuzeitliche Konstruktionen aus Feineisenprofilen erfordern ein absolut gerades Walzgut, um kostspielige Nacharbeiten zu vermeiden.

Unsere 120 m langen Rechenkühlbetten — die längsten in Deutschland — sorgen dafür, daß die aus den Walzen kommenden Stäbe während der gefährlichen Zeit der Abkühlung vollkommen geradlinig gehalten werden. Auch alle Waagen und Verladeeinrichtungen sind diesem Zweck angepaßt.

Weitere interessante Einzelheiten über die technische Ausrüstung und Arbeitsweise enthält neben dem ausführlichen Walzprogramm unser Prospekt „Feineisenstraße“.

Unsere Verkaufsabteilung sendet Ihnen auf Wunsch diese Schrift gern zu.

**HOESCH AG WESTFALENHÜTTE
DORTMUND**



INTERNATIONAL DROTT

4 in 1



PLANIERSCHILD



LADESCHAUFEL



SCHÜRFKÜBEL



GREIFER



IN EINEM GERÄT

Keine Umrüstzeiten - höhere Stundenleistungen

In Sekundenschnelle wird aus der Ladeschaufel ein Planierschild, ein Schürfkübel oder ein Greifer. Besonders wirtschaftlich erweist sich die „DROTT 4 in 1“ bei ständig wechselnden Aufgaben.

Sauberes Abnehmen des Mutterbodens, schneller Baugrubenaushub, Anfüllen der Fundamente, exaktes Planieren, Verladen überschüssiger Erdmengen, gleichmäßiges Verteilen des Mutterbodens – all diese Aufgaben erledigt die INTERNATIONAL-DROTT 4 in 1 ohne daß der Fahrer seinen Sitz verläßt.

INTERNATIONAL-HARVESTER bietet für jeden Einsatz das passende Gerät, – mit jedem Gerät vielseitige Einsatzmöglichkeiten

Planierraupen 51 – 233 PS	Laderaupen	38 – 126 PS
PAYLOADER 38 – 124 PS	Motorschürfwagen	266 – 380 PS

INTERNATIONAL

INTERNATIONAL HARVESTER COMPANY M.B.H. NEUSS AM RHEIN

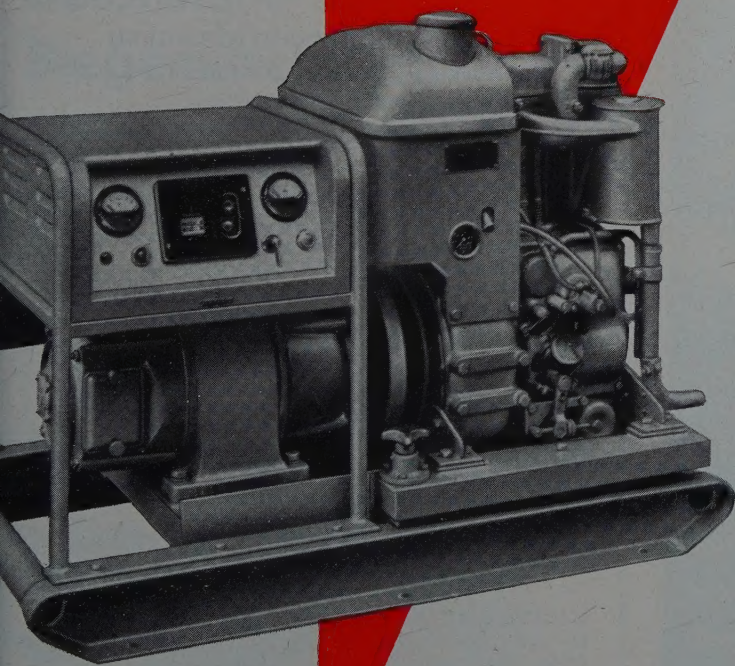
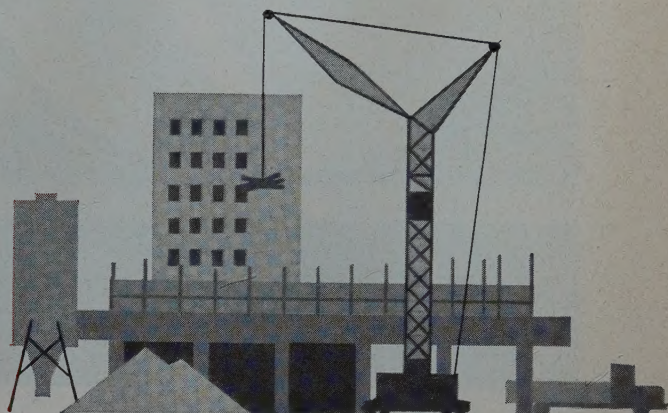
530 / K

– Technische Beratung – Kundendienst – Zentralersatzteillager –




SIEMENS

ELEKTROSÄTZE



Unabhängigkeit macht sich bezahlt ...

wenn irgendwo, weitab vom öffentlichen Stromnetz, gebaut wird: Ein Siemens-Elektrosatz liefert für wenig Geld die notwendige Energie zum Betrieb von Baumaschinen aller Art, z. B. Betonmischern und Kränen, und für die gesamte Baubeleuchtung.

Siemens-Elektrosätze:

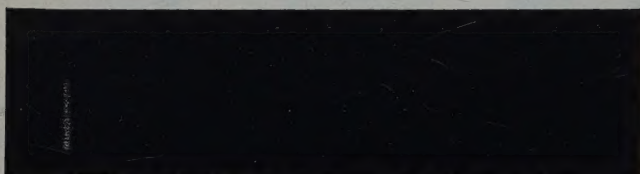
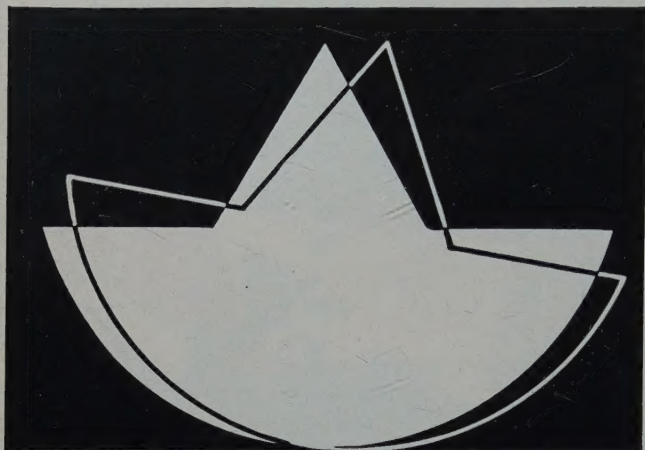
Zuverlässig im Betrieb
Wirtschaftlich im Verbrauch
Vollwertiger Ersatz für fehlenden Netzanschluß

Unsere Fachingenieure beraten Sie gern.
Bitte wenden Sie sich
an unsere nächste Geschäftsstelle.

65/85

SIEMENS - SCHUCKERTWERKE AKTIENGESellschaft

ein Kompensator-Nivellier mit 2 Leistungsstufen



Koni 007

Genauigkeit mit arretiertem

Planplattenmikrometer 2 . . . 3 mm/Km

Genauigkeit mit eingebautem

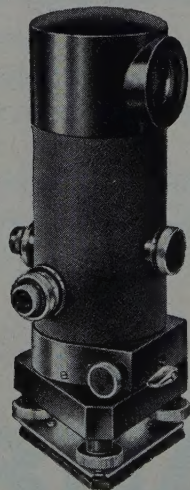
Planplattenmikrometer 0,5 . . . 0,8 mm/Km

Vertrieb für die Bundesrepublik

Werner Jähnert, Göttingen

Weender Landstraße 6 - Hochhaus

Generalvertretung der optischen Werke JENA



aus JENA

JENOPTIK JENA GmbH

Baumaschinen und Baueinrichtungen

Von Professor Dr.-Ing. habil. O. WALCH,
chem. Unesco Expert at The Indian Institute of
Technology, Kharagpur/Indien

Erster Band: **Baumaschinen**

Mit 291 Abbildungen. X, 302 Seiten Gr.-8°. 1956.
Ganzleinen DM 37,50

AUS DEN BESPRECHUNGEN

„Das Werk, vom Bauingenieur für den Bauingenieur geschrieben, verfolgt die Absicht, den Studierenden des Bauingenieurwesens zu zeigen, welche Baumaschinen heute zur Verfügung stehen...“

Die stürmische Entwicklung der Baumaschinen in den vergangenen Jahren sowohl in mengen- wie auch in gattungsmäßiger Hinsicht zwingt dazu, dem Bauingenieur eine Möglichkeit zu geben, sich über die Arten und Leistungen der zu verwendenden Baumaschinen auf dem Laufenden zu halten. Der Verfasser betont, daß heutzutage nicht mehr der Einsatz der Maschine schlechthin genügt, sondern, daß die Wirtschaftlichkeit und die Verbesserung der Arbeitsmethoden besonders untersucht werden müssen...“

VDI-Zeitschrift

Zweiter Band: **Baueinrichtungen**

Mit 160 Abbildungen. VIII, 314 Seiten Gr.-8°. 1957.
Ganzleinen DM 40,50

AUS DEN BESPRECHUNGEN

„...Dank der vollständigen Aufzählung der zu berücksichtigenden Gesichtspunkte und vor allem der reichhaltigen Beispiele sowie einiger grundlegender Bemerkungen besonders über Bauzeiten und Geräteunterhalt verdient das Buch die Aufmerksamkeit nicht nur der Unternehmungen, sondern auch weiterer Kreise, auch der Studierenden.“

Schweizerische Bauzeitung

Dritter Band: **Übungsbeispiele**

Mit 84 Abbildungen. VIII, 227 Seiten Gr.-8°. 1958.
Ganzleinen DM 31,50

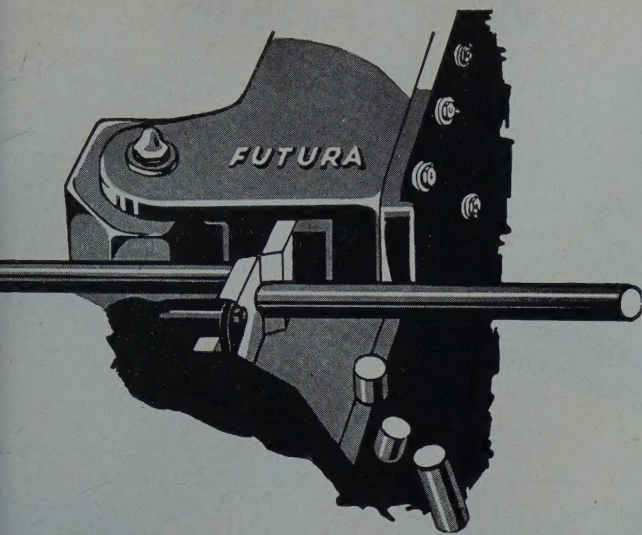
AUS DEN BESPRECHUNGEN

„...Der dritte Band ist gewissermaßen das ‚Seminar‘ zu den ‚Vorlesungen‘ der beiden ersten Bände und führt den Leser an solche Aufgaben heran, die im Ingenieurbüro gestellt werden. Weil es im Rahmen eines Buches nicht möglich ist, über alle in Betracht kommenden Probleme Aufgaben zu stellen, hat sich der Verfasser bewußt auf einige Gebiete beschränkt, und in diesen Fällen konnten auch wieder nur einzelne Beispiele herausgegriffen werden, die dafür aber weitgehend durchgearbeitet wurden, um alle Schwierigkeiten diskutieren zu können...“

Die Bauzeitung

SPRINGER-VERLAG

BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG



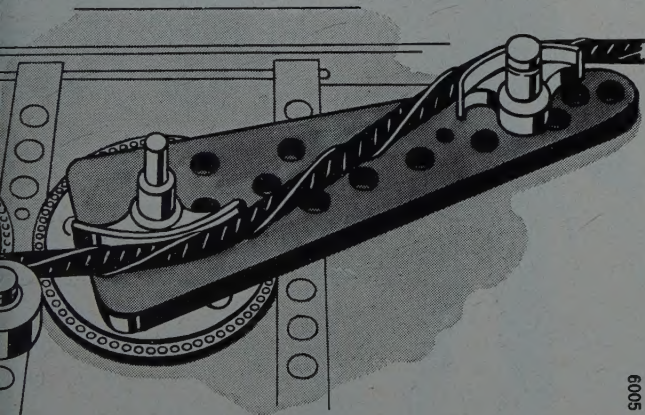
FUTURA

Betonstahl-
Schneidemaschinen

Betonstahl-
Biegemaschinen

TYPEN: S 320	B 320
S 400	B 400
S 500	B 500
S 550	B 550
S 600	B 600
S 700	B 700

Bügelbiegemaschinen • Sondervorrichtungen

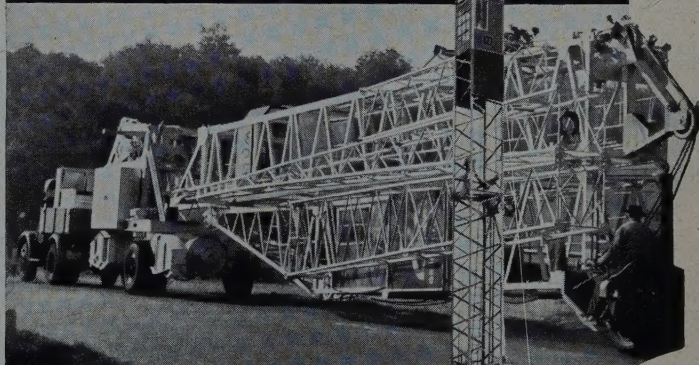


6005

KRUPP-DOLBERG GMBH • ESSEN



BERLIN • BREMEN • DORTMUND • ESSEN • FRANKFURT
HAMBURG • HANNOVER • KÖLN • MANNHEIM
STUTTGART • MÜNCHEN mit Verkaufsbüro NÜRNBERG



Transport
auf engstem Raum in
zusammengeklapptem
Zustand



JUL. WOLFF & CO GMBH
HEILBRONN/NECKAR

MENCK



im schwersten Einsatz
triumphiert der MENCK-Bagger

Inhaltsübersicht

K 624.072 : 624.023.933 : 624.04 <i>Dr.-Ing. H.-H. Kubitzki, Krefeld:</i> ubmittelpunkt und Biegespannungen eines Kasten- trägers geringer Schlankheit Mit 13 Abbildungen	Seite 281
K 532.535 : 532.543 : 532.59.001.24 <i>Dipl.-Ing. W. Gessner, Darmstadt:</i> wall, Sunk und Wassersprung Mit 6 Abbildungen	286
K 627.81/.82 (545.1) (282.253.24) <i>Dipl.-Ing. D. Brenske, Dortmund:</i> akra-Nangal, Indiens größtes Dammprojekt Mit 28 Abbildungen	291
K 624.073.122/.124 : 624.075.4 : 624.04 : 532.1 <i>Doz. Dr. Dipl.-Ing. F. Czerny, Wien:</i> hydrostatisch belastete Platte beliebiger Form mit einem freien Rand in der Wasserspiegel-Ebene Mit 12 Abbildungen	302
K 691.714 : 624.014.25 <i>Prof. Dr.-Ing. G. Bierett, Saarbrücken:</i> teauswahl der Stähle für geschweißte Konstruktionen Mit 2 Abbildungen	309
69.002.5 : 69.057 : 621.311 : 061.43 (43-2.27) „1960“ <i>Saurat Dr.-Ing. B. Hille, Aachen:</i> nerungen bei den Baumaschinen Mit 31 Abbildungen	311
691 : 061.43 (43-2.27) „1960“ <i>Prof. Dr.-Ing. F. Pilny, Berlin:</i> iterentwicklung von Baustoffen und ihren Anwen- nungen auf der Hannoverschen Messe	320
69.002.5 : 69.057 : 061.43 (43-2.27) „1960“ <i>Saurat Dr.-Ing. B. Hille, Aachen:</i> itere Baumaschinen auf der Deutschen Industrie- messe 1960 in Hannover Mit 12 Abbildungen	321
hbesprechungen	324
erscheinungen	326
chiedenes	327
teilungen aus der Industrie	328

DER BAUINGENIEUR

berichtet über das gesamte Gebiet des Bauingenieurwesens (mit Ausnahme von Vermessungswesen, Verkehrstechnik, Wasserversorgung und Entwässerung der Siedlungen). Er bringt Aufsätze über Baustoffe, Theorie und Praxis der Ingenieurkonstruktionen, interessante Bauausführungen, Berichte über bemerkenswerte Veröffentlichungen des Auslandes, Normungstragen und Tagungen, Buchbesprechungen.

Originalbeiträge nehmen an die Herausgeber:

Professor Dr. techn. h. c. Dr.-Ing. K. Sattler

Technische Universität Berlin,

Lehrstuhl für Stahlbau

(1) Berlin-Charlottenburg 2, Hardenbergstr. 38

Professor Dr.-Ing. A. Mehmel,

(16) Darmstadt, Technische Hochschule.

Alle sonstigen Mitteilungen, Bücher, Zeitschriften usw. werden erbeten an die

Schriftleitung „Der Bauingenieur“,

Springer-Verlag,

Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3

Für die Abfassung der Arbeiten sind die von den Herausgebern anzufordernden Richtlinien zu beachten. Für Formelgrößen usw. sollen soweit irgend möglich die genormten Bezeichnungen nach DIN 1351 und 1044 bzw. der BE. benutzt werden. Vorlagen für Abbildungen werden auf besonderen Blättern erbeten. Reinzeichnungen werden soweit erforderlich vom Verlag ausgeführt.

Nachdruck: Mit der Annahme des Manuskripts eines Beitrages für die Zeitschrift „Der Bauingenieur“ erwirbt der Springer-Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder, einschließlich der Rechts der photomechanischen Wiedergabe oder einer sonstigen Vervielfältigung. — Im „Bauingenieur“ erscheinende Arbeiten dürfen nicht vorher an andere Stelle veröffentlicht worden sein und auch später nicht anderweitig, weder im Inland noch im Ausland, veröffentlicht werden. Ausnahmen von dieser Regel bedürfen einer entsprechenden Vereinbarung zwischen Autor, Herausgeber und Verlag.

Photokopien: Auf Grund des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels e. V. und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens ist jedoch die Anfertigung photomechanischer Kopien eines Beitrages gewerblichen Unternehmen für den innerbetrieblichen Gebrauch gestattet, sofern der Hersteller oder Benutzer jede Seite dieser Kopie mit einer Gebühren-Wertmarke im Betrag von DM 0,10 kenntlich macht. Diese Marken sind zu beziehen vom Börsenverein des Deutschen Buchhandels e. V. (Inkasso-Stelle), Frankfurt/M., Großer Hirschgraben 17/19. (Der Verlag läßt diese Beträge den Autorenverbänden zufließen.) Die Verpflichtung zur Verwendung von Gebühren-Wertmarken entfällt, falls der Hersteller von Kopien mit dem Springer-Verlag ein Pauschalabkommen über die Kopie-Gebühren-Entrichtung vereinbart hat.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Erscheinungsweise: Monatlich.

Bezugspreis: Vierteljährlich DM 12,— (Einzelhefte DM 4,50) zuzüglich Postgebühren. — Für Studierende ermäßigt sich der Bezugspreis auf DM 9,60 vierteljährlich zuzüglich Zustellgebühren. — Die Lieferung läuft weiter, wenn nicht 4 Wochen vor Vierteljahresabschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar. — Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, jedes Postamt oder der Verlag entgegen.

Anzeigen nimmt die Anzeigen-Abteilung des Verlages (Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3, Westberlin, Fernspr.: Sammelnummer 83 03 01) an. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

SPRINGER-VERLAG

Berlin · Göttingen · Heidelberg

Schubmittelpunkt und Biegespannungen eines Kastenträgers geringer Schlankheit

Von Dr.-Ing. Hans-Henning Kubitzki, Krefeld

K 624.072 : 624.023.933 : 624.04

1. Einleitung

Wird ein dünnwandiger Träger unsymmetrischer, geklossener Querschnittsform durch reine Biegung beansprucht, lassen sich die Biegenormalspannungen z. B. mittels der Theorie der schiefen Biegung [1] über die Trägheitshauptachsen ermitteln. Die Biegenormalspannungen haben Biegeschubspannungen im Gefolge, mit Hilfe deren sich die Lage des sogenannten Schubmittelpunktes T als Lastangriffspunkt für verdrehfreie Biegung bestimmen läßt [2]. Der Verfasser [3] für Kastenträger gezeigt hat, gilt der auf diese Art ermittelte Biegespannungszustand und der dem zugeordnete Schubmittelpunkt streng genommen nur für dünnwandige Rohrträger mit unendlich großem Schlankheitsgrad, d. h. das Verhältnis von Trägerhöhe h zu Querschottabstand muß gegen Null gehen.

Im folgenden soll nun ein unsymmetrischer, quer aussteifelter Rohrträger sehr geringen Schlankheitsgrades nach der „Kastenträgermethode“ [3] auf Biegung untersucht werden mit dem Ziel, die Abweichungen festzustellen, die in der Biegespannungsverteilung und Schubmittelpunkt-Lage gegenüber der in der Baupraxis üblichen Annahme eines unendlich großen Schlankheitsgrades ergeben.

Bezüglich der Form der Spannungsverteilung soll die übliche Annahme getroffen werden, d. h. in den Längswänden wirken geradlinig verteilte Normalspannungen σ mit den zugehörigen parabolisch verteilten Schubspannungen τ . Die Schubspannungen bewirken freilich infolge ihrer parabolischen Verteilung eine S-förmige Wölbung der Längswände, die mit der Randbedingung des absoluten Ebenbleibens des Einspannquerschnitts eines beispielsweise einseitig eingespannten Kastenträgers in Widerspruch steht. Um diese Randbedingung streng zu erfüllen, müßte der Biegespannungszustand z. B. mit Hilfe der Navierschen Spannungsfunktion ermittelt werden, wie neuer [4] dies für einen auf Drillung beanspruchten symmetrischen Kastenträger bei verhinderter Endwölbung gezeigt hat. Für den im folgenden entsprechend der Navierschen Annahme untersuchten quer aussteiferten Rohrträger („Kastenträger“) wird demgegenüber der Rechenaufwand durch die strenge Elastizitätstheorie sicherlich ein Vielfaches betragen, ohne daß der Genauigkeitsgrad damit im gleichen Maße erhöht wäre.

2. Statisches System

Für den in Abb. 1 dargestellten 2zelligen, gedrunghenen Kastenträger, der durch eine am Mittelschott wirkende Last $P = 2$ nur auf Biegung beansprucht werden soll, sei der Biegespannungszustand und die Lage des Schubmittelpunktes als Angriffspunkt der Last $P = 2$ zu bestimmen.

Die dünnwandigen Längswände des Kastenträgers, der durch das Fehlen kräftiger Eckgurte gekennzeichnet ist, sollen die Biegenormal- und Schubspannungen aufnehmen, wenn angenommen wird, daß die 3 Querschotts in ihrer Ebene unendlich starr sind. Infolge der Belastungs- und Systemsymmetrie wird im Verlauf der Rechnung mit der Annahme, daß die Zelle am Schott 2 starr eingespannt ist, gerechnet, während der freie Schott durch die Einzellast $P = 1$ belastet ist.

3. Statische Unbestimmtheit des Problems

Die nach der üblichen Balkentheorie über die Zerlegung des Biegemomentes nach den Hauptachsen berechenbaren Normalspannungen werden bekanntlich auf

der Basis der Bernoullischen Hypothese vom Ebenbleiben der Querschnitte bestimmt (0-Plan). Dabei werden voraussetzungsgemäß die Querkraftdeformationen, die eine Querschnittsverwölbung (Biegeschubverwölbung) zur Folge hätten, vernachlässigt. Eine genauere Berücksichtigung dieser Querkraftdeformationen bedingt daher eine entsprechende statisch unbestimmte Rechnung, wobei die die Kontinuität hinsichtlich der Querschnittsverwölbungen u. a. erzwin-

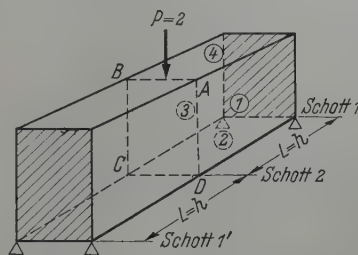


Abb. 1. Abmessungen eines 2zelligen, unsymmetrischen Kastenträgers auf reine Biegung beansprucht durch Einzellast am Schott 2.

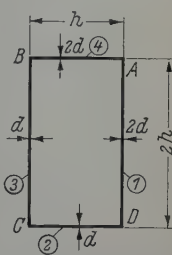


Abb. 2. Querschnittsabmessungen.

gende statisch unbestimmte Gruppe mit Rücksicht auf die Tatsache, daß die Spannungen des 0-Planes mit der äußeren Belastung bereits im Gleichgewicht stehen, als (innerlich statisch unbestimmte) Wölbkraftgruppe X_1 einzuführen ist (Abb. 3). Die dadurch jedoch gleichzeitig hervorgerufenen Querschnittsverdrehungen bedingen nunmehr wegen der zu fordernden Kontinuität hinsichtlich der Querschnittsverdrehungen um die Längsachse des Kastens die Wirkung von Torsionsmomenten, die wir durch einen statisch unbestimmten Schubfluß X_2 zu berücksichtigen suchen (Abb. 4).

Aus dem umlaufenden Schubfluß X_2 läßt sich schließlich der Abstand e_z des endgültigen Schubmittelpunktes T_1 von dem im „0-Plan“ ausgegangenen Schubmittelpunkt T angeben zu (Abb. 5):

$$e_z = \frac{M}{Q_y} = \frac{X_2 \cdot 2F}{1 \cdot L} = X_2 \cdot 4h. \quad (I)$$

Die Lage des Schubmittelpunktes T des Kastenträgerquerschnitts ist in Abb. 5 eingetragen. Die Berechnung von T , auf die hier verzichtet werden soll, kann entweder nach

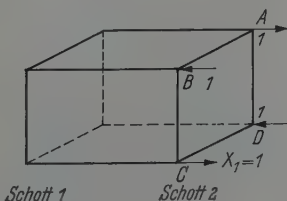


Abb. 3. Zustand $X_1 = 1$.

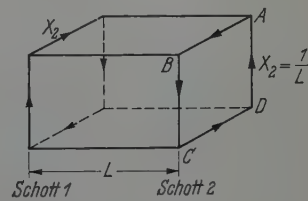


Abb. 4. Zustand $X_2 = \frac{1}{L}$.

der Querkraftmethode [2] oder nach der Wölbmethode [3, 6] durchgeführt werden.

Zerlegt man den reinen Biegespannungszustand des „0-Planes“, d. h. den unter der Annahme eines unendlich großen Schlankheitsgrades z. B. über die Trägheitshauptachsen ermittelten Spannungszustand, in symmetrischen und antisymmetrischen Normalspannungsanteile und symmetrischen, antisymmetrischen und parabolischen Schubspannungs-

anteil je Scheibe, so erhält man die in Abb. 6 zusammen-
gestellten Spannungsanteile. In Abb. 7 sind die entsprechen-
den Spannungsanteile je Scheibe infolge der überzähligen
Längskraftgruppe $X_1 = 1$ dargestellt, während in Abb. 8
der reine Schubspannungszustand $X_2 = \frac{1}{L} = \frac{1}{h}$ zusammen-
gestellt ist. Die numerische Ausrechnung der einzelnen
Scheibenanteile dieser 3 Spannungszustände (Abb. 6—8)
erfolgte für diesen Kastenträger bereits in der schon er-
wähnten Untersuchung [3].

Für die einzelnen Spannungsanteile je Scheibe sollen
die folgenden Bezeichnungen eingeführt werden:

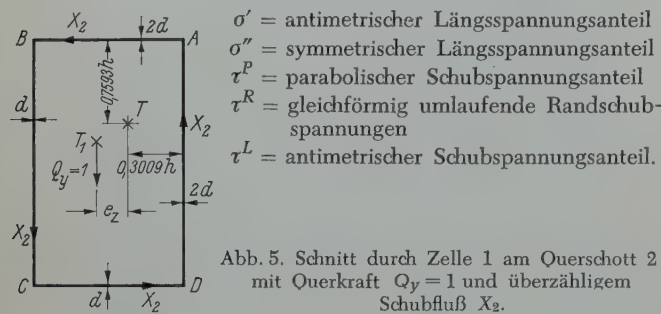


Abb. 5. Schnitt durch Zelle 1 am Querschott 2 mit Querkraft $Q_y=1$ und überzähligem Schubfluß X_2 .

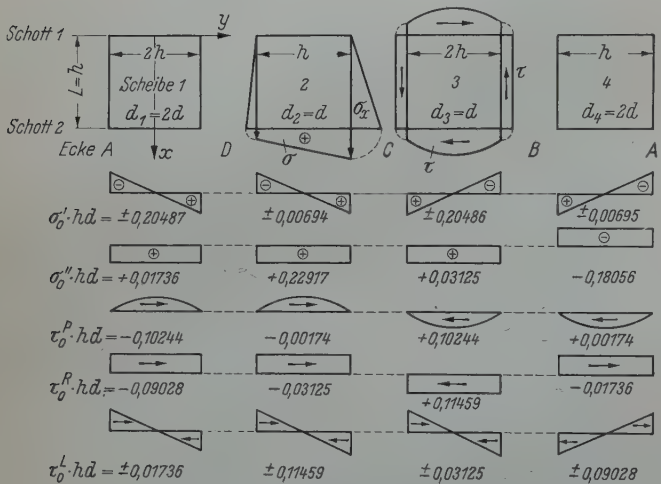


Abb. 6. Verlauf der Scheibeneinzelanteile des Biegespannungszustandes des „0-Planes“ am Schott 2.

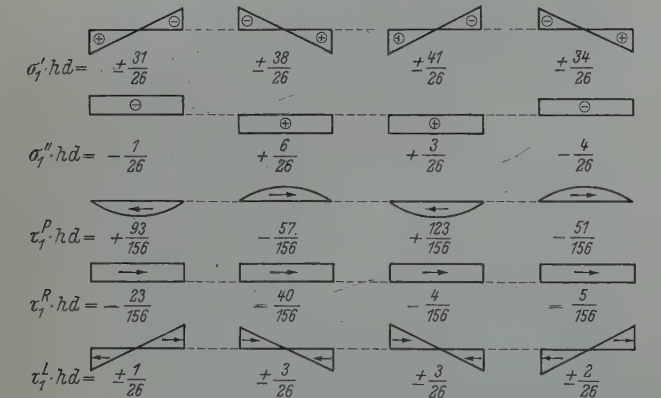


Abb. 7. Verlauf der Scheibeneinzelanteile des Spannungszustandes infolge der Längskraftgruppe $X_1 = 1$ am Schott 2.

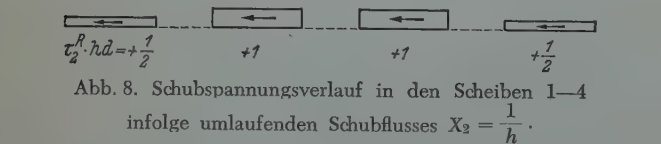


Abb. 8. Schubspannungsverlauf in den Scheiben 1—4 infolge umlaufenden Schubflusses $X_2 = \frac{1}{h}$.

Die beiden Längsspannungsanteile verlaufen gera-
de linig von ihrem Maximalwert am Schott 2 bis auf den Wert
Null am Schott 1, während die Schubanteile in Zelle
längsrichtung aus Gleichgewichtsgründen konstant ver-
laufen (Abb. 6, Draufsicht auf Scheibe 2 und 3).

Die in den 4 Ecken A—D am Schott 2 wirkenden virtuellen
Längskräfte $X_1 = 1$ (Abb. 3) der überzähligen Längs-
kraftgruppe sind die auf die gemeinsamen Längskanten
zweier angrenzender Scheiben bezogenen Resultierenden
der äußeren am Schott 2 wirkenden Längsspannungen σ .

Für die Berechnung der beiden Überzähligen stehen
zwei Elastizitätsgleichungen zur Verfügung:

$$\begin{aligned} X_1 \cdot \delta_{1,1} + X_2 \cdot \delta_{1,2} + \delta_{1,0} &= 0, \\ X_1 \cdot \delta_{2,1} + X_2 \cdot \delta_{2,2} + \delta_{2,0} &= 0. \end{aligned}$$

Die erste Gleichung bringt zum Ausdruck, daß keine
gegenseitige Verschiebung der freien Eckpunkte am Schott
stattfindet (behinderte Biegeschubwölbung), während durch
die zweite Gleichung die Kontinuität hinsichtlich der Ver-
drehung der Querschnitte um die Längsachse gesichert ist
(Verdrehfreie Biegung.)

4. Bestimmung der Verschiebungsbeiwerte und Aufstellung der Elastizitätsgleichungen

Bei dem für die einzelnen Scheiben vorausgesetzten
ebenen Spannungszustand ergeben sich die als virtuellen
Arbeiten zu denkenden Verschiebungen aus:

$$\delta_{i,k} = d \left[\iint \frac{\sigma_{x,i} \cdot \sigma_{x,k}}{E} dx dy + \iint \frac{\tau_i \cdot \tau_k}{G} dx dy \right], \quad (I)$$

wobei die Integration über sämtliche Scheiben-Breiten und
-Längen zu erstrecken ist [3].

Die Integration erfolgt für symmetrischen und antisymmetrischen Längsspannungsanteil σ'' und σ' getrennt. Für
die Integration der Schubanteile werden die Fertigformeln
der Integraltabellen $\int M \cdot M_1 ds$ benutzt.

Da der zu untersuchende Kastenträger aus dünnwandigen
Stahlblechen bestehen soll, gilt für die Weiterrechnung die
Beziehung: $\frac{E}{G} = 2,6$.

Der Verschiebungsbeiwert $\delta_{2,0}$ ist Null, da für den
reinen Biegespannungszustand des „0-Planes“ bereits die
Bedingung der Verdrehfreiheit erfüllt ist.

Der Verschiebungsbeiwert $\delta_{2,2}$ ergibt sich entsprechend
(II) zu:

$$G \cdot \delta_{2,2} = \sum_{i=1}^4 \int_0^L \int_0^{b_i} (\tau_2)^2 dx dy = \sum_{i=1}^4 (\tau_2)^2 \cdot b_i \cdot d_i \cdot h.$$

Scheibe i	b_i	d_i	τ_2	τ_2^2	$(\tau_2)^2 \cdot b_i \cdot d_i$
1	$2h$	$2d$	$+1/2 h d$	$+1/4 h^2 d^2$	$+1/d$
2	h	d	$+1/h d$	$+1/h^2 d^2$	$+1/d$
3	$2h$	d	$+1/h d$	$+1/h^2 d^2$	$+2/d$
4	h	$2d$	$+1/2 h d$	$+1/4 h^2 d^2$	$+1/2 d$

$$G \cdot \delta_{2,2} = +4,50 \cdot \frac{1}{d}.$$

Ebenso ergibt sich der Verschiebungsbeiwert $\delta_{2,1}$
 $\delta_{1,2}$, der sich ebenfalls wie $\delta_{2,2}$ nur aus den Schubanteilen
zusammensetzt, aus der folgenden tabellarischen Ermittlung:

Reihe i	b_i	d_i	τ_2	τ_1	$\tau_1 \cdot \tau_2 \cdot b_i \cdot d_i \cdot L_i \cdot [156 d]$
1	2 h	2 d	$+\frac{1}{2 h d}$	$+\frac{93}{156 h d}$	$+\frac{4}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 93 = +124$
	2 h	2 d	$+\frac{1}{2 h d}$	$-\frac{23}{156 h d}$	$-\frac{4}{2} \cdot 23 = -46$
2	h	d	$+\frac{1}{h d}$	$-\frac{57}{156 h d}$	$-\frac{2}{3} \cdot 57 = -38$
	h	d	$+\frac{1}{h d}$	$-\frac{40}{156 h d}$	$-40 \cdot 1 = -40$
3	2 h	d	$+\frac{1}{h d}$	$+\frac{123}{156 h d}$	$+2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 123 = +164$
	2 h	d	$+\frac{1}{h d}$	$-\frac{4}{156 h d}$	$-2 \cdot 4 = -8$
4	h	2 d	$+\frac{1}{2 h d}$	$-\frac{51}{156 h d}$	$-\frac{2}{3} \cdot 51 = -34$
	h	2 d	$+\frac{1}{2 h d}$	$-\frac{5}{156 h d}$	$-5 \cdot 1 = -5$

$$\Sigma = +117$$

$$G \cdot \delta_{1,2} = +\frac{117}{156 \cdot d} = +\frac{39}{52 \cdot d} = +\frac{3}{4 d}$$

Für den Verschiebungsbeiwert $\delta_{1,0}$ liefern lediglich die Schubspannungen einen Anteil, während der zweite Term Gl. (III), der den Anteil infolge Längsspannungen ausmacht, Null wird:

$$E \cdot \delta_{1,0} = \sum_{i=1}^4 \left(\frac{\sigma'_0 \cdot \sigma'_1 \cdot d_i \cdot b_i \cdot h}{9} + \frac{\sigma''_0 \cdot \sigma''_1 \cdot d_i \cdot b_i \cdot h}{3} \right) = 0,$$

Man kann durch Einsetzen der entsprechenden Scheibenanteile leicht finden kann. Damit ist also nur bestätigt, daß der Längsspannungszustand des „0-Planes“ die Bedingung des Ebenbleibens des Einspannungsquerschnitts am Mittelanschott erfüllt. Die Schubspannungen τ_0 ergeben jedoch einen Anteil an der Verschiebung (Biegeschubwölbung). Auf gleicher Weise wie in der schon durchgeführten tabellarischen Ermittlung ergibt sich:

$$G \cdot \delta_{1,0} = +0,05177 \cdot \frac{1}{d}.$$

Man findet man:

$$G \cdot \delta_{1,1} = +2,12204 \cdot \frac{1}{d},$$

bei dieser Verschiebungsbeiwert sich aus Längs- und Schubspannungsanteil nach Gl. (III) zusammensetzt. Damit lassen sich die Elastizitätsgleichungen (II):

$$\begin{aligned} X_1 \cdot 2,12204 + X_2 \cdot 0,75000 + 0,05177 &= 0, \\ X_1 \cdot 0,75000 + X_2 \cdot 4,5000 &= 0. \end{aligned}$$

Daraus ergibt sich die überzählige Längskraftgruppe zu $X_1 = -0,025923$ und der überzählige Schubfluß zu $X_2 = +0,00432 \cdot \frac{1}{L}$.

Der Abstand e_z des neuen Schubmittelpunktes T_1 als Lastangriffspunkt für verdrehfreie, wölbbehinderte reine Biegung von dem Punkt T als Lastangriffspunkt nur für verdrehfreie Biegung beträgt nach Gl. (I):

$$e_z = 0,00432 \cdot 4h = +0,0173 \cdot h$$

5. Endgültiger Biegespannungszustand

Überlagert man den Spannungszustand des „0-Planes“ den Zuständen X_1 und X_2 , erhält man den endgültigen, verdrehfreien, wölbbehinderten Biegespannungszustand, der in Abb. 9 a dem nur verdrehfreien Biegespannungszustand in Abb. 9 b gegenübergestellt ist.

In Abb. 9 a sind gleichfalls die beiden Koordinaten des Schubmittelpunktes T_1 dargestellt. Die zweite Abstandsordinate e_y des Punktes T_1 von T läßt sich mit Hilfe der am Mittelschott angreifenden Einzelkraft $P_y = 2$ log der obigen Ermittlung für $P_y = 2$ bestimmen.

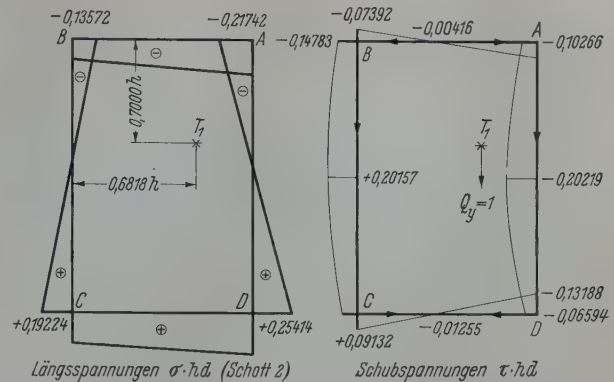


Abb. 9a. Verdrehfreier, wölbbehinderter Biegespannungszustand.

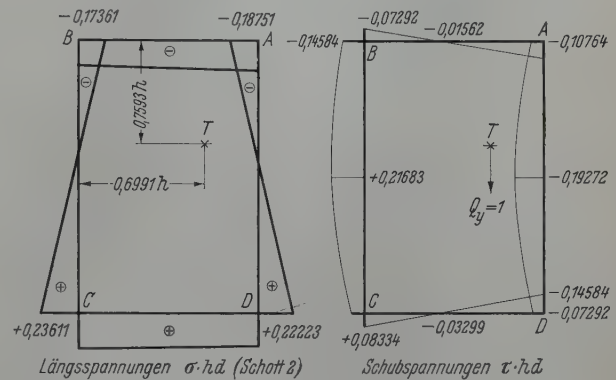


Abb. 9b. Verdreh- und wölbfreier Biegespannungszustand.

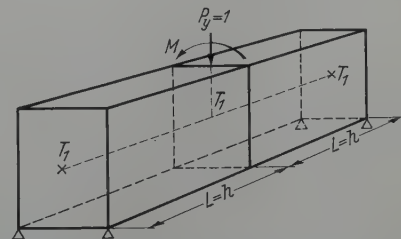


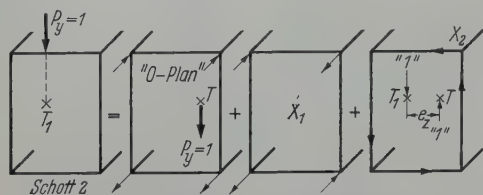
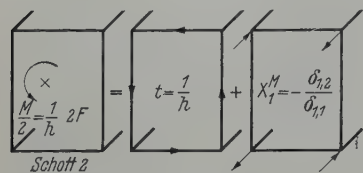
Abb. 10. Belastungsschema für die Arbeitsgleichung mit Verschiebungszustand infolge Drillmoment M und virtuellem Spannungszustand infolge $P = 1$.

6. Nachweis der Schubmittelpunktachse T_1 als Drillachse bei Wirken einer biegefreien Verdrehbelastung am Mittelschott

Nach dem Prinzip von Maxwell leistet die am Mittelschott im Schubmittelpunkt T_1 angreifende Einzellast $P_y = 1$ infolge eines gleichfalls am Mittelschott wirkenden reinen Drillmomentes M dann keine Arbeit, wenn die Schubmittelpunktachse T_1 zugleich Drehachse für den reinen Verdrehzustand infolge M ist (Abb. 10). Damit ist nun in Form einer virtuellen Arbeitsgleichung zu prüfen, ob die Verschiebung des Schubmittelpunktes T_1 in Richtung der virtuellen Einzellasten $P_y = 1$ bzw. $P_z = 1$ bei Belastung durch ein Torsionsmoment Null ergibt.

Das Drillmoment M , dessen Größe man ja beliebig wählen kann, soll einen umlaufenden Schubfluß $t = \frac{1}{L} = \frac{1}{h}$ hervorrufen, der infolge der an der Krafteinleitungsstelle (Schott 2) herrschenden Wölbbehinderung noch Schub- und Längsspannungen zufolge der überzähligen Längskraftgruppe $X_1^M = -\frac{\delta_{1,2}}{\delta_{1,1}}$ im Gefolge hat, wobei sich der Verschiebungsbeiwert $\delta_{1,2}$ (vgl. Abschn. 4) durch Kombination der Zustände $X_1 = 1$ und $X_2 = \frac{1}{L}$ ergibt.

Um mit den bereits in Abschn. 4 ermittelten einzelnen Verschiebungsbeiwerten weiter arbeiten zu können, wird der Zustand $P_y = 1$ zerlegt in die an einer Zelle angreifenden Einzelzustände $Q_y = 1$ im Punkt T wirkend, X_1 und X_2 infolge $M = 1 \cdot e_z$ (Abb. 11 a), wobei die Integration wieder nur über eine Zelle zu erfolgen hat. Die Kombination der beiden Zustände $P_y = 1$ und M liefert unter Verwendung der bereits ermittelten Verschiebungsbeiwerte die gesuchte Arbeitsgleichung:

Abb. 11a. Zerlegung des Zustandes $P_y = 1$.Abb. 11b. Zerlegung des Zustandes M in Schubfluß $X_2 = \frac{1}{h}$ und Längskraftgruppe.

$$1 \cdot \delta_{1,M} = \delta_{2,0} + \left(-\frac{\delta_{1,2}}{\delta_{1,1}} \cdot \delta_{1,0} \right) + X_1 \cdot \delta_{1,2} + \left(X_1 \cdot -\frac{\delta_{1,2}}{\delta_{1,1}} \cdot \delta_{1,1} \right) + X_2 \cdot \delta_{2,2} + \left(X_2 \cdot -\frac{\delta_{1,2}}{\delta_{1,1}} \cdot \delta_{1,2} \right).$$

Entsprechend Abschn. 4 war $\delta_{2,0} = 0$.

$$1 \cdot \delta_{1,M} = X_2 \cdot \delta_{2,2} - X_2 \cdot \frac{\delta_{1,2}}{\delta_{1,1}} \cdot \delta_{1,2} - \frac{\delta_{1,2}}{\delta_{1,1}} \cdot \delta_{1,0}.$$

Setzt man nun in dem System der Elastizitätsgleichungen (II) in Abschn. 3 die zweite Gleichung in die erste ein und multipliziert diese mit dem Faktor $K = -\frac{\delta_{1,2}}{\delta_{1,1}}$, so erhält man die Gleichung:

$$X_2 \cdot \delta_{2,2} - X_2 \cdot \frac{\delta_{1,2}}{\delta_{1,1}} \cdot \delta_{1,2} - \frac{\delta_{1,2}}{\delta_{1,1}} \cdot \delta_{1,0} = 0.$$

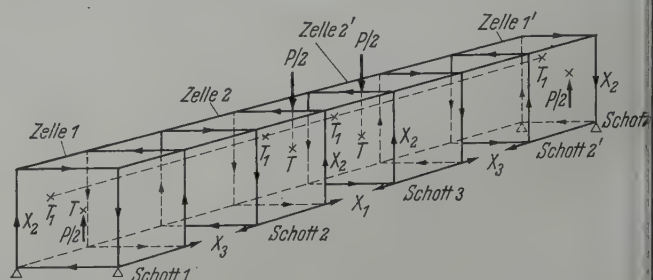
Diese ist identisch mit der Arbeitsgleichung, die somit den Wert Null annimmt, womit bewiesen ist, daß die Schubmittelpunktachse bei verdrehfreier, wölbbehinderter Biegung und die Drillachse bei biegefreier, wölbbehinderter Verdrehung dann zusammenfallen, wenn die beiden Belastungen am Mittelschott angreifen.

Würde der hier behandelte zweizellige Kastenträger durch ein reines Drillmoment beansprucht werden, das an den Endschotts 1 bzw. 1' eingeleitet wird, wobei also an keiner Stelle des Kastenträgers eine Wölbbehinderung vorliegt, so bleibt selbstverständlich die durch den zur verdrehfreien Biegung gehörenden Schubmittelpunkt T verlaufende Achse zugleich Drillachse.

Nach dem bisher Gesagten wird klar, daß Schubmittelpunkt und Drillachse sowohl von der Lagerungsart des Kastenträgers, Querschottabständen und Querschnittsprüngen als auch von der Art der eingeleiteten äußeren Belastung abhängig ist.

In verschiedenen in- und ausländischen Arbeiten, welche die Wölbkrafttorsion zum Gegenstand haben, findet sich die Feststellung, daß Schubmittelpunktachse und Drillachse

dann nicht zusammenfallen, wenn für den reinen Verdrehfall eine Wölbbehinderung vorliegt. Dieses Auseinanderstreben der beiden Achsen, das zwar theoretisch einwandfrei nachgewiesen wird, hat seine Ursache einmal in der zugrunde gelegten Annahme einer unendlich dicht aufeinanderfolgenden, starren Queraussteifung (Erhaltung der Querschnittsform) und zum andern, damit zusammenhängend, in der Vernachlässigung des Biegeschubwölbungs-Einflusses auf die Schubmittelpunktlage. Da neuzeitlich dünnwandige, kastenförmige Stahlbeton- und Stahlklo-

Abb. 12. Hauptsystem eines vierzelligen Kastenträgers, am Mittelschott 3 durch Einzellast P belastet, mit Überzähligen zur Bestimmung des Schubmittelpunktes T_1 .

strukturen durch einen endlichen Querschottabstand gekennzeichnet sind, liefert die getroffene Annahme der Erhaltung der Querschnittsform bezüglich der Wölbstörspannungen infolge Verdrehung in vielen Fällen sicherlich ein zu ungünstiges Bild.

Die Vernachlässigung des Biegeschubwölb-Einflusses wirkt sich auf den reinen Biegespannungszustand und die Lage des Schubmittelpunktes um so mehr aus, je geringer der Schlankheitsgrad der Zellen ist, da mit wachsendem Querschottabstand die Verformungswirkung der Schubspannungen gegenüber derjenigen der Längsspannungen zunehmend zurücktritt und damit die Lage des Schubmittelpunktes T_1 sehr rasch gegen die des Schubmittelpunktes T konvergiert.

Wie sich im Abschn. 6 beim Nachweis der Drillachse zeigte, hätte man bei Berechnung der beiden Überzähligen des zweizelligen Kastenträgers statt der einen Bedingungsgleichung, welche die Verdrehfreiheit der dem Lastmittelschott benachbarten Zelle zum Ausdruck bringt, auch die Bedingung des Verschwindens des Arbeitsproduktes aufstellen können, das aus der im noch zu bestimmenden Lastangriffspunkt für verdrehfreie, wölbbehinderte Biegung (T_1) angreifenden virtuellen Kraft $P = 1$ und den Verschiebungen infolge des Drillmomentes M gebildet wird.

7. Der vielzellige Kastenträger

Greift z. B. bei einem vierzelligen Kastenträger konstanter Querschnittsabmessungen entsprechend Abb. 12 am Mittelschott eine Einzellast P an, von der vorausgesetzt wird, daß sie im Schubmittelpunkt T_1 wirkend im Tragwerk einen reinen Biegespannungszustand hervorruft, muß aus Gleichgewichtsgründen der überzählige Schubfluß in sämtlichen Zellen, die zwischen dem Last- und Stüttschott liegen, gleich sein. Da die überzähligen Längskraftgruppen vom Lastschott zu den Stüttschotts hin auf den Wert Null abklingen, herrscht in den einzelnen Zellen infolge der Veränderlichkeit der Längskraftgruppen auch eine veränderliche Verdrehung, so daß man an Stelle der Verdrehfreiheit jeder Zelle nun nur noch die Verdrehfreiheit der beiden Zellen 2 und 2' fordern kann. In den beiden Randzellen 1 und 1' findet dabei infolge X_3 eine Verdrehung statt, so daß nun die Kenntnis der Lage des Schubmittelpunktes T_1 , der wiederum aus dem überzähligen Schubfluß X_2 bestimmt werden kann, nur noch von einem begrenztem Wert ist, solange nur nach dem Spannungszustand und Durchbiegungen in der Wirkungsrichtung

äußeren Last gefragt ist und nicht nach dem Verlauf Drillachse¹ innerhalb der einzelnen Zellen.

Damit wird klar, daß in Abb. 12 das Schott 2 bzw. 2' an anderen Lastangriffspunkt T_1 für verdrehfreie, wölbbehinderte Biegung besitzt als das Mittelschott 3. Bei der Abb. 12 dargestellten Belastung des Schotts 3 stehen Berechnung der 3 Überzähligen X_1 , X_2 und X_3 die Bedingungen zur Verfügung:

Keine gegenseitige Verschiebung der freien Eckpunkte des Schotts 3

Verdrehfreiheit der Zelle 2 bzw. 2'

Keine gegenseitige Verschiebung der freien Eckpunkte des Schotts 2 bzw. 2'.

Diese drei Bedingungen ergeben, entsprechend dem vielzelligen Kastenträger (Abschn. 3), ein System von 3 Elastizitätsgleichungen. Die Exzentrizität e des nun „örtlichen“ Schubmittelpunktes T_1 kann wieder aus der Überzähligen X_2 (vgl. Abschn. 3) bestimmt werden.

Es soll noch einmal hervorgehoben werden, daß die in Abb. 12 über alle Zellen durchlaufend dargestellte Schubmittelpunktschse T_1 lediglich dann Lastangriffspunkt für einen verdrehfreien Biegespannungszustand in den Zellen 2 und 2' ist, wenn eine Einzellast am Mittelschott wirkt. Bei der 2. Bedingungsgleichung hätte man natürlich auch die Verdrehfreiheit der beiden Randzellen 1 und 1' (Abb. 12) fordern können; damit ist jedoch eine gleichzeitige Verdrehung der beiden Mittelzellen bei dem dargestellten Belastungsfall verbunden.

Sind nur der Spannungsverlauf und die Durchbiegung gesucht, ist die Berechnung der zu den einzelnen Lasten gehörigen „örtlichen“ Schubmittelpunkte T_1 überflüssig, da man die an jedem Querschnitt gleichzeitig und beliebig wirkenden äußeren Einzellasten sofort zerlegen kann in die in der Schubmittelpunktschse T angreifenden Erschotteinzellasten als Biegebelastung und in die Drehmomente entsprechend den Exzentrizitäten der äußeren Erschottlasten (Abb. 13) zum Schubmittelpunkt T als Verdrehbelastung.

Selbstverständlich ist der Biegespannungszustand (Abb. 13 a) nun nicht mehr verdrehfrei infolge der Längskraftgruppen X_i^B , X_j^B usw.

Der endgültige Spannungsverlauf ergibt sich aus der Superposition der Lastfälle Biegung und Verdrehung (Abb. 13 a und 13 b).

Die Durchbiegung des beliebig belasteten Kastenträgers läßt sich — einschl. des Schubanteils an der Verformung — an jedem Punkt eines Querschotts dadurch bestimmen, daß an der betreffenden Querschottstelle eine Einheitslast in der gesuchten Durchbiegungsrichtung angesetzt wird und der Spannungszustand infolge $P = 1$ mit dem aus der äußeren Belastung in einer virtuellen Arbeitsgleichung mittels der 5 Spannungsanteile je Lastfall und je Zellenreihe — kombiniert wird.

Da der Rechenaufwand bei vielzelligen Kastenträgern erheblich anwächst, wird die Berücksichtigung der Biegebewirkung nur bei verhältnismäßig geringem Querschottabstand von Notwendigkeit sein.

Schließlich darf noch erwähnt werden, daß sich auch die Durchbiegbarkeit (Biegesteifigkeit) der Querschotts in ihrer

Ebene bei der Aufstellung der Elastizitätsgleichungen [7] berücksichtigen läßt.

8. Zusammenfassung

Es wird an einem zweizelligen Kastenträger unsymmetrischer, gleichbleibender Querschnittsform und geringen Schlankheitsgrades der Zellen gezeigt, daß die Berücksichtigung der Biegeschubwölbung zu einem reinen Biegespannungszustand führt, der von dem nach der klassischen Theorie ermittelten Spannungszustand abweicht. Gleich-

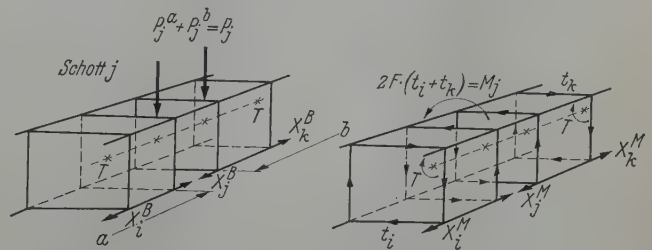


Abb. 13. Überzählige X_j^B infolge Biegeschubwölbung und X_j^M infolge der auf T bezogenen Exzentrizitätsmomente M_i , M_j der äußeren Querschott-Einzellasten am Schott j eines vielzelligen Kastenträgers. Die Aufspaltung des Schubflusses t_j infolge $M_j = P_j \cdot e_j$ in die beiden Trägerabschnitts-Anteile t_i und t_k erfolgt genügend genau entsprechend den primären Torsionssteifigkeiten der beiden Trägerabschnitte a und b [3].

zeitig erzwingt die Berücksichtigung der Biegeschubwölbung eine neue Schubmittelpunktslage, die sich bei dem zweizelligen Kastenträger gleichzeitig als Drillachse für biegefreie, wölbbehinderte Verdrehung nachweisen läßt. Die Berechnung selbst erfolgt mittels eines Systems von Elastizitätsgleichungen. Bei vielzelligen Kastenträgern geringer Zellschlankheit existiert keine über alle Zellen in ihrer Lage unverändert durchlaufende Schubmittelpunktschse als Lastangriffspunkt für verdrehfreie, wölbbehinderte Biegung in sämtlichen Zellen. Für jede an einem Querschott angreifende Einzellast kann ein örtlicher Schubmittelpunkt T_1 ermittelt werden, der dadurch gekennzeichnet ist, daß eine in ihm wirkende Einzellast in einer beliebig wählbaren Zelle des Kastenträgers einen verdrehfreien, wölbbehinderten Biegespannungszustand hervorruft, während in den übrigen Zellen gleichzeitig eine Verdrehung stattfindet. Falls bei beliebig auf den Kastenträger einwirkender Belastung nur nach Spannungs- und Durchbiegungsnachweis gefragt ist, ist die Berechnung der die Biegeschubwölbung berücksichtigenden örtlichen Schubmittelpunkte T_1 überflüssig.

Literatur

1. W. Flüge: Taschenbuch für Bauingenieure, herausgeg. von F. Schleicher, Berlin 1949.
2. E. Schapitz: Festigkeitslehre für den Leichtbau. VDI-Verlag, Düsseldorf 1951.
3. H.-H. Kubitzki: Biege- und Verdrehbeanspruchung in unsymmetrischen Kastenträgern. Techn. Mitteilungen Krupp, Essen, 17 (1959), H. 5.
4. H. Ebner: Spannungszustand durch Drillung in dünnwandigen Kastenträgern bei veränderter Endwölbung. Ztschr. für angewandte Math. und Mech. 14 (1934), H. 6.
5. K.-H. Klemmt: Beitrag zur statischen Untersuchung räumlicher Systeme im Stahlwasserbau. Techn. Mitteilungen Krupp, Essen, 15 (1957), H. 8.
6. F. W. Bornscheuer: Systematische Darstellung des Biege- und Verdrehvorganges unter besonderer Berücksichtigung der Wölbkrafttorsion. Der Stahlbau (1952), H. 1.
7. H. Ebner: Die Beanspruchung dünnwandiger Kastenträger auf Drillung bei behinderter Querschnittswölbung. Zeitschr. für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt (1933), H. 23 u. 24.
8. I. Nowinski: Theory of thin-walled bars. Applied Mechanics Reviews 12 (1959), Nr. 4.

¹ Leitet man einem Querschott eines vielzelligen Kastenträgers ein äußeres Drehmoment ein, so verläuft die Drillachse bei Berechnung der Wölbstörungen mittels überzähliger Längskraftgruppen von Zelle zu Zelle stufenartig, jedoch innerhalb einer Zelle geradlinig. In der englisch-sprachigen Literatur wird die Drillachse dann als „astatische Achse“ bezeichnet, wenn die Wölbstörung als kontinuierlich abklingend gerechnet wird und somit auch die Drillachse einen unregelmäßig gekrümmten Verlauf einnimmt. Vgl. hierzu die eingehende Literatur-Übersicht von Nowinski [8].

Schwall, Sunk und Wassersprung

Berechnung auf der Grundlage dimensionsloser Kenngrößen

Von Dipl.-Ing. Walter Gessner, Darmstadt

DK 532.535 : 532.543 : 532.59.001.24

Die Berechnung der charakteristischen Größen bei Schwall- und Sunkerscheinungen wird auf die Benutzung von 4 Diagrammen reduziert, deren Gebrauch einfach und zeitsparend ist. Die Schriftleitung.

1. Einleitung

Es ist üblich, die Schwall- und Sunkvorgänge in offenen Kanälen iterativ zu berechnen [1]. Beispielsweise lauten die Gleichungen für die Berechnung des Stauschwalls:

$$\begin{aligned} \bar{c} &= -v_1 + \sqrt{g \left(\frac{F_1}{B} + \frac{3}{2} z + \frac{B}{2} \cdot \frac{z^2}{F_1} \right)} \\ z &= \frac{Q_1 - Q_2}{c B} \end{aligned}$$

Zur Bestimmung der Schwallgeschwindigkeit c muß zunächst eine Annahme über die Schwallhöhe z getroffen werden. Damit kann aus der ersten Gleichung c ermittelt werden. Mit Hilfe der zweiten Gleichung wird die Schwallhöhe z berechnet und der berechnete Wert von z mit dem geschätzten verglichen. Stimmen beide Werte nicht ausreichend überein, dann muß die Rechnung mit dem zuletzt ermittelten Wert für z wiederholt werden.

Durch Verwendung von Nomogrammen kann diese Berechnung vereinfacht werden. Außerdem kann man für relativ kleine Schwallhöhen z das Glied $\frac{B}{2} \cdot \frac{z^2}{F_1}$ und oft sogar das Glied $3/2 z$ vernachlässigen, wodurch die Bestimmungsgleichung für c besonders einfach wird.

Für einige Sonderfälle (Stauschwall, $Q_2 = 0$, Füllschwall, $Q_1 = 0$) wurden Kurventafeln aufgestellt [1], mit deren Hilfe c und z direkt, d. h. ohne Iteration, bestimmt werden können.

Im folgenden werden vom Maßsystem unabhängige, allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten aufgestellt, mit denen ohne Vernachlässigungen die Schwall- und Sunk-Vorgänge in offenen Kanälen direkt berechnet werden können.

¹ Beide Gleichungen ergeben sich aus den Gleichungen (1) und (4) des dritten Abschnittes. Die Symbole sind in Tab. 1 erläutert.

2. Voraussetzungen

1. Es werden nur offene Gerinne mit über die ganze Länge konstanter Querschnittsform behandelt.

2. Die Gerinnesohle ist horizontal.

3. Die Fronten der Schwall- und Sunkwellen sind fortwährend beständig.

Dies trifft bei Sunkköpfen in Wirklichkeit nicht zu. Die Geschwindigkeiten im oberen Teil des Sunkkopfes sind größer als im unteren Teil, so daß mit fortschreitender Welle der Sunkkopf immer flacher wird. Es ist jedoch experimentell erwiesen, daß zur Berechnung der Größen c und z bei der Entstehung der Welle und auch zur näherungsweisen Berechnung der Abflachung des Sunkkopfes die Annahme der Formbeständigkeit durchaus berechtigt ist.

4. Schubspannungen infolge Zähigkeit des Wassers, d. h. Schubkräfte auf die Gerinnewand werden vernachlässigt.

Mit dieser Annahme erhält man richtige Werte bei der Berechnung von z und c am Entstehungsort der Welle und für das weitere Fortschreiten in relativ kurzen Kanälen. In langen Gerinnen macht sich der Reibungseinfluß durch allmähliche Verkleinerung der Wellenhöhe bemerkbar.

5. Die Wassermengen werden plötzlich geändert.

Die Zeiten zur Änderung der Wassermenge müssen im Vergleich zur Laufzeit der Welle kurz sein. Je mehr Zeit zur Änderung der Wassermenge benötigt wird, desto flacher wird der Wellenkopf. Ein Einfluß der Zeit auf die absolute Höhe des Wellenkopfes ist jedoch nicht vorhanden.

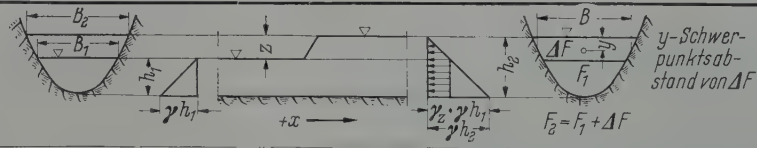
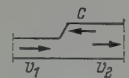
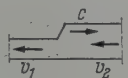
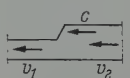
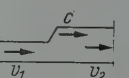
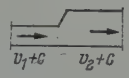
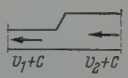
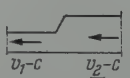
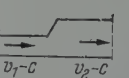
6. Die Fließgeschwindigkeiten sind gleichmäßig über den Querschnitt verteilt.

3. Ableitung der Grundgleichungen

Zur Definition der Begriffe dient Tab. 1, Zeile 1, 2, 3 und 4. Tab. 2 gibt eine Übersicht über die verwendeten Begriffe.

Es sollen nun am Beispiel des Stauschwalls die beiden Grundgleichungen hergeleitet werden, die sich aus dem Impulssatz und der Kontinuitätsbedingung ergeben.

Tabelle 1. Schematische Ableitung der Grundgleichungen.

1	Querschnittsgrößen und Druckverteilung				
2		Stauschwall	Entnahmesunk	Füllschwall	Abspersesunk
3	Geschwindigkeiten, Koordinaten in Ruhe				
4	Relativgeschwindigkeiten, Koordinaten mit Geschwindigkeit c bewegt				
5	Kräfte auf den Kontrollraum, Σ P x	$-\gamma(z \cdot F_1 + y \cdot \Delta F)$	$-\gamma(z \cdot F_1 + y \cdot \Delta F)$	$-\gamma(z \cdot F_1 + y \cdot \Delta F)$	$-\gamma(z \cdot F_1 + y \cdot \Delta F)$
6	Impulsänderung des Kontrollraums, $\frac{dI}{dt}$	$-\frac{\gamma}{g} \cdot F_1(v_1+c) \cdot (v_1-v_2)$	$-\frac{\gamma}{g} \cdot F_1(v_1+c) \cdot (v_1-v_2)$	$-\frac{\gamma}{g} \cdot F_1(v_1-c) \cdot (v_1-v_2)$	$-\frac{\gamma}{g} \cdot F_1(v_1-c) \cdot (v_1-v_2)$
7	Kontinuitätsbedingung	$F_1(v_1+c) = F_2(v_2+c)$	$F_1(v_1+c) = F_2(v_2+c)$	$F_1(v_1-c) = F_2(v_2-c)$	$F_1(v_1-c) = F_2(v_2-c)$
8	Umformung der Kontinuitätsbedingung	$v_1+c = (v_1-v_2) \left(1 + \frac{F_1}{\Delta F} \right)$	$v_1+c = (v_1-v_2) \left(1 + \frac{F_1}{\Delta F} \right)$	$v_1-c = (v_1-v_2) \left(1 + \frac{F_1}{\Delta F} \right)$	$v_1-c = (v_1-v_2) \left(1 + \frac{F_1}{\Delta F} \right)$
9	Dynamische Gleichung mit Kontinuitätsbedingung	$z \cdot F_1 + y \cdot \Delta F - \frac{F_1}{g} \left(1 + \frac{F_1}{\Delta F} \right) (v_1-v_2)^2 = 0$			

In der dynamischen Gleichung wird die Schwallgeschwindigkeit c eliminiert. Mit den Definitionen der b. 1 erhält man eine Gleichung zur Bestimmung der Schwallhöhe z , die nicht nur für den Fall des Stauschwalls, sondern auch für alle anderen Fälle von Schwall- und Sunkerscheinungen Gültigkeit hat. In Tab. 1, Zeile 5 bis 9

Tabelle 2. Bezeichnungen.

Dimensionsbehaftete Größen		
Symbol	Dimension	Bedeutung
γ	t/m ³	spezifisches Gewicht des Wassers
g	m/s ²	Erdbeschleunigung
c	m/s	Schwall- bzw. Sunkgeschwindigkeit
$v_1 = \frac{Q_1}{F_1}, v_2 = \frac{Q_2}{F_2}$	m/s	Geschwindigkeit in den Querschnitten 1, 2
$v_{12} = \frac{Q_1}{F_2}, v_{21} = \frac{Q_2}{F_1}$	m/s	ideelle Geschwindigkeiten
Q_1, Q_2	m ³ /s	Wassermengen in den Querschnitten 1, 2
F_1, F_2	m ²	Flächen der Querschnitte 1, 2
B_1, B_2	m	Wasserspiegelbreiten der Querschnitte 1, 2
B	m	mittlere Breite des Schwall- bzw. Sunkkopfes
h_1, h_2	m	Wassertiefen in den Querschnitten 1, 2
$\Delta F = F_2 - F_1 = Bz$	m ²	Querschnittsänderung durch Schwall oder Sunk
$z = h_2 - h_1$	m	Schwall- bzw. Sunkhöhe

Dimensionslose Größen		
Symbol	Bedeutung	
$\frac{v_1}{c}, \frac{v_2}{c}$	Kenngrößen der Schwall- bzw. Sunkgeschwindigkeiten	
$\frac{v_{12}}{c}, \frac{v_{21}}{c}$		
$\xi_1 = \frac{\Delta F}{F_1} = \frac{z}{F_1/B}$	dimensionslose Schwall- bzw. Sunkhöhen	
$\xi_2 = \frac{\Delta F}{F_2} = \frac{z}{F_2/B}$		
$\delta = \frac{Q_2}{Q_1}$	Kenngröße der „Drosselung“	
$Fr_1 = \frac{Q_1}{F_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_1/B}}$	Froudesche Zahl für Querschnitt 1	
$Fr_2 = \frac{Q_2}{F_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_2/B}}$	Froudesche Zahl für Querschnitt 2	
$Fr_{12} = \frac{Q_1}{F_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_2/B}}$	ideelle Froudesche Zahlen	
$Fr_{21} = \frac{Q_2}{F_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_1/B}}$		
$\xi_2 = \frac{\xi_1}{1 + \xi_1}$	Umrechnungen	
$Fr_1/Fr_2 = \frac{1}{\delta} (1 + \xi_1) \sqrt{1 + \xi_1}$		
$Fr_1/Fr_{12} = (1 + \xi_1) \sqrt{1 + \xi_1}$		
$Fr_1/Fr_{21} = \frac{1}{\delta}$		
$\frac{v_1}{v_2} = \frac{1 + \xi_1}{\delta}$		
$\frac{v_1}{v_{12}} = 1 + \xi_1$		
$\frac{v_1}{v_{21}} = \frac{1}{\delta}$		

sind die Ableitungen der Grundgleichungen schematisch nebeneinander dargestellt, so daß man leicht erkennen kann, daß sich in allen vier Fällen die gleiche Bestimmungsgleichung für z ergibt. Man sieht ferner aus der Tab. 1, Zeile 7, daß für Stauschwall- und Entnahmesunk eine andere Kontinuitätsgleichung als für Füllschwall und Absperr-sunk gilt. Im ersten Fall ist die Schwallgeschwindigkeit c den Geschwindigkeiten v_1 und v_2 entgegen-, im zweiten Fall gleichgerichtet.

Zur Ableitung der Grundgleichungen kann man sich das Koordinatensystem mit dem Schwallkopf verbunden denken. In diesen mit der Schwallgeschwindigkeit c bewegten Koordinaten ist die Schwallgeschwindigkeit gleich Null, und an Stelle der Geschwindigkeiten v_1 und v_2 treten die Relativgeschwindigkeiten $v_1 + c$ und $v_2 + c$ (Tab. 1, Zeile 4).

Der Impulssatz, angewendet auf den Kontrollraum zwischen den Flächen F_1 und F_2 (Tab. 1, Zeile 1), lautet:

$$P_x = \frac{dJ_x}{dt}.$$

Die Summe aller Kräfte in x -Richtung ist gleich der zeitlichen Änderung der Bewegungsgröße in x -Richtung:

$$-\gamma \cdot z \cdot F_1 - \gamma \cdot y \cdot \Delta F = \frac{\gamma}{g} \cdot F_1 (v_1 + c) [(v_2 + c) - (v_1 + c)], \quad (1)$$

$$-z \cdot F_1 - \gamma \cdot \Delta F = \frac{F_1}{g} (v_1 + c) (v_2 - v_1). \quad (2)$$

Die Kontinuitätsbedingung lautet:

$$F_1 (v_1 + c) = F_2 (v_2 + c), \quad (\text{Tab. 1, Zeile 7}) \quad (3)$$

$$c = \frac{F_1 v_1 - F_2 v_2}{F_2 - F_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{F_2 - F_1}, \quad (4)$$

$$\frac{c}{v_1} = \frac{F_1}{\Delta F} \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1} \right). \quad (5)$$

Führt man in Gleichung (4) ein:

$$F_2 = F_1 + \Delta F$$

und fügt auf beiden Seiten v_1 hinzu, dann erhält man:

$$c + v_1 = \frac{F_1 v_1}{\Delta F} - \frac{F_1 v_2}{\Delta F} - v_2 + v_1,$$

$$c + v_1 = (v_1 - v_2) \left(\frac{F_1}{\Delta F} + 1 \right). \quad (\text{Tab. 1, Zeile 8}) \quad (6)$$

(6) in (2):

$$+ z \cdot F_1 + y \cdot \Delta F - \frac{F_1 \left(\frac{F_1}{\Delta F} + 1 \right)}{g} (v_2 - v_1)^2 = 0. \quad (7)$$

(Tab. 1, Zeile 9)

Dividiert man Gl. (7) durch F_1^2/B , dann erhält man die Bestimmungsgleichung für z in dimensionslosen Ausdrücken. Diese ist allgemein gültig für alle Schwall- und Sunkerscheinungen in prismatischen Kanälen von beliebiger Querschnittsform.

$$\frac{z}{F_1/B} + \frac{y}{F_1/B} \cdot \frac{\Delta F}{F_1} - \frac{v_1^2}{g \cdot F_1/B} \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1} \cdot \frac{F_1}{F_1 + \Delta F} \right)^2 \cdot \left(\frac{F_1 + \Delta F}{\Delta F} \right) = 0. \quad (8)$$

Für die in der Praxis üblichen Querschnitte kann man mit guter Näherung setzen:

$$y \cong \frac{z}{2} \quad (9)$$

$$\text{und:} \quad \Delta F = B \cdot z. \quad (10)$$

Bei breiten Querschnitten mit steiler Böschung genügt es in der Regel, an Stelle der mittleren Breite des Schwall- bzw. Sunkkopfes B die Spiegelbreite B_1 bzw. B_2 einzusetzen.

Bei Querschnitten mit flacher Böschung kann man zunächst mit einer geschätzten mittleren Breite B des Schwall-

Wie bereits gesagt, beschreibt Gleichung (12) in Verbindung mit Gleichung (13) und (14) alle vorkommenden Fälle von Schwall- und Sunkerscheinungen.

Für praktische Berechnungen sind Gleichungen (12), (13) und (14) jedoch nicht in jedem Falle geeignet.

So ist zum Beispiel beim Entnahmesunk die Querschnittsfläche F_1 nicht von vornherein gegeben. Es ist deshalb sinnvoll, an Stelle der Größe $\xi_1 = \frac{\Delta F}{F_1}$ die dimensions-

lose Schwallhöhe $\xi_2 = \frac{\Delta F}{F_2}$ zu berechnen, da die Querschnittsfläche F_2 ein bekannter Ausgangswert ist. Außerdem ist es besser, an Stelle der Froudeschen Zahl:

$$Fr_1 = \frac{Q_1}{F_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_1/B}}$$

die ideale Froudesche Zahl:

$$Fr_{12} = \frac{Q_1}{F_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_2/B}}$$

und der ideellen Geschwindigkeit:

$$v_{12} = \frac{Q_1}{F_2}$$

als charakteristische Geschwindigkeit und F_2/B als charakteristische Länge zu bilden. Die Querschnittsfläche F_2 ist in jedem Fall bekannt und Q_1 immer von Null verschieden. Es hätte keinen Sinn, eine Froudesche Zahl

$$Fr_2 = \frac{Q_2}{F_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_2/B}}$$

zu bilden, da dann der Sonderfall $Q_2 = 0$ der Berechnung nicht zugänglich wäre.

Auf Grund ähnlicher Überlegungen wurden zur Berechnung des Füllschwells die Kenngrößen Fr_{21} und ξ_1 , und zur Berechnung des Absperrschwells die Kenngrößen Fr_2 und ξ_2 verwendet.

Die erste Ziffer eines Doppelindex bezeichnet die Größe, von der die Wassermenge, die zweite Ziffer die Größe, von der die Querschnittsfläche zur Bildung der dimensionslosen Größen verwendet wurden.

Unter Verwendung der jeweils zweckmäßigen Kenngrößen (siehe Tab. 2, Zeile 17 bis 25) ergeben sich durch Einrechnung der Gleichungen (12), (13) und (14) die Gleichungen der Tab. 3, Zeile 2 und 3. Diese sind in der Abb. 6 ausgewertet. Die zur Umrechnung erforderlichen Beziehungen sind in Tab. 2, Zeile 26 bis 32 aufgeführt.

4. Beispiele

1. Stauschwall

Gegeben: Trapezquerschnitt (Abb. 4).

$$Q_1 = 50 \text{ m}^3/\text{s}; \quad B_1 = 15 \text{ m}; \quad \text{tg } \alpha = 1; \quad Q_2 = 0;$$

$$F_1 = 50 \text{ m}^2; \quad h_1 = 5 \text{ m}; \quad b = 5 \text{ m}.$$

Gesucht: Schwallhöhe z und Schwallgeschwindigkeit c .

a) Annahme: Die mittlere Breite des Schwallkopfes B sei in erster Näherung gleich der Spiegelbreite B_1 .

Es ist

$$F_1/B = 50/15 = 3,33 \text{ m},$$

$$v_1 = 50/50 = 1 \text{ m/s},$$

Abb. 4. Querschnitt zu Beispiel 1.

$$Fr_1 = \frac{Q_1}{F_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_1/B}} = \frac{1}{\sqrt{9,81 \cdot 3,33}} = 0,175$$

$$\text{und} \quad \delta = \frac{Q_2}{Q_1} = 0.$$

Mit $Fr_1 = 0,175$ und $\delta = 0$ erhält man aus Abb. 6

$$\xi_1 = 0,183 \quad \text{und} \quad \frac{v_1}{c} = 0,183.$$

Es ergibt sich

$$z = \xi_1 \cdot F_1/B = 0,183 \cdot 3,33 = 0,61 \text{ m}$$

und

$$c = \frac{v_1}{\left(\frac{v_1}{c}\right)} = \frac{1}{0,183} = 5,46 \text{ m/s}.$$

b) Es soll nun untersucht werden, ob eine Berechnung mit einer verbesserten mittleren Breite wesentliche Verbesserungen der Werte z und c bringt.

Mit dem aus a) berechneten Wert für z wird die mittlere Breite des Schwallkopfes B

$$B = B_1 + \frac{z}{\text{tg } \alpha},$$

$$B = 15 + 0,61 = 15,6 \text{ m}.$$

Damit ist

$$F_1/B = 50/15,6 = 3,21$$

und

$$Fr_1 = \frac{1}{\sqrt{9,81 \cdot 3,21}} = 0,178.$$

Tabelle 3. Formelzusammenstellung.

	Stauschwall	Entnahmesunk	Füllschwall	Absperrsunk
Dynamische Gleichung	$Fr_1 = \frac{1}{1 + \xi_1 - \delta} \xi_1$ $\sqrt{1 + \frac{3}{2} \xi_1 + \frac{1}{2} \xi_1^2}$	$Fr_{12} = \frac{1/\delta}{-1 + \xi_2 + 1/\delta} \xi_2$ $\sqrt{1 - \frac{3}{2} \xi_2 + \frac{1}{2} \xi_2^2}$	$Fr_{21} = \pm \frac{\delta}{1 + \xi_1 - \delta} \xi_1$ $\sqrt{1 + \frac{3}{2} \xi_1 + \frac{1}{2} \xi_1^2}$	$Fr_2 = \pm \frac{1}{-1 + \xi_2 + 1/\delta} \xi_2$ $\sqrt{1 - \frac{3}{2} \xi_2 + \frac{1}{2} \xi_2^2}$
Kontinuitätsbedingung	$\frac{v_1}{c} = \frac{1}{1 - \delta} \cdot \xi_1$	$\frac{v_{12}}{c} = \frac{1}{1 - \delta} \cdot \xi_2$	$\frac{v_{21}}{c} = \frac{\delta}{\delta - 1} \cdot \xi_1$	$\frac{v_2}{c} = \frac{\delta}{\delta - 1} \cdot \xi_2$
Erläuterung der Symbole für beliebige Querschnittsform	$Fr_1 = \frac{Q_1}{F_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_1/B}}$ $\xi_1 = \frac{\Delta F}{F_1} = \frac{z}{F_1/B}$ $\delta = \frac{Q_2}{Q_1} < 1$ $v_1 = \frac{Q_1}{F_1}$	$Fr_{12} = \frac{Q_1}{F_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_2/B}}$ $\xi_2 = \frac{\Delta F}{F_2} = \frac{z}{F_2/B}$ $\delta = \frac{Q_2}{Q_1} < 1$ $v_{12} = \frac{Q_1}{F_2}$	$Fr_{21} = \frac{Q_2}{F_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_1/B}}$ $\xi_1 = \frac{\Delta F}{F_1} = \frac{z}{F_1/B}$ $\delta = \frac{Q_2}{Q_1} > 1$ $v_{21} = \frac{Q_2}{F_1}$	$Fr_2 = \frac{Q_2}{F_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot F_2/B}}$ $\xi_2 = \frac{\Delta F}{F_2} = \frac{z}{F_2/B}$ $\delta = \frac{Q_2}{Q_1} > 1$ $v_2 = \frac{Q_2}{F_2}$
Erläuterung der Symbole für Rechteckquerschnitt	$Fr_1 = \frac{Q_1}{B \cdot h_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot h_1}}$ $\xi_1 = \frac{z}{h_1}$	$Fr_{12} = \frac{Q_1}{B \cdot h_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot h_2}}$ $\xi_2 = \frac{z}{h_2}$	$Fr_{21} = \frac{Q_2}{B \cdot h_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot h_1}}$ $\xi_1 = \frac{z}{h_1}$	$Fr_2 = \frac{Q_2}{B \cdot h_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot h_2}}$ $\xi_2 = \frac{z}{h_2}$

Mit $Fr_1 = 0,175$ und $\delta = 0$ erhält man aus Abb. 6

$$\xi_1 = 0,188 \quad \text{und} \quad \frac{v_1}{c} = 0,188.$$

Es ergibt sich

$$z = 0,188 \cdot 3,21 = 0,603 \text{ m}$$

und

$$c = \frac{1}{0,188} = 5,32 \text{ m/s.}$$

Die Ergebnisse der Berechnung b) mit der verbesserten mittleren Breite B weichen nur unwesentlich von denen der Berechnung a) ab.

Man kann in diesem Falle also mit gutem Recht auf die Iteration b) verzichten.

2. Entnahmesunk

Gegeben: Rechteckquerschnitt (Abb. 5)

$$Q_1 = 30 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_2 = 0; \quad B = 10 \text{ m}; \quad h_2 = 5 \text{ m.}$$

Gesucht: Sunkhöhe z und Sunkgeschwindigkeit c .

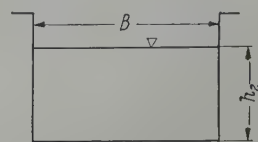


Abb. 5. Querschnitt zu Beispiel 2.

$$v_{12} = \frac{Q_1}{F_2} = \frac{30}{50} = 0,6 \text{ m/s,}$$

$$Fr_{12} = \frac{Q_1}{F_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,6}{\sqrt{9,81 \cdot 5}} = 0,086$$

$$\delta = \frac{Q_2}{Q_1} = 0.$$

Mit $Fr_{12} = 0,086$ und $\delta = 0$ erhält man aus Abb. 6

$$\xi_2 = 0,094 \quad \text{und} \quad \frac{v_{12}}{c} = 0,094.$$

Damit ergibt sich

$$z = \xi_2 \cdot h_2 = 0,094 \cdot 5 = 0,47 \text{ m}$$

und

$$c = \frac{v_{12}}{\left(\frac{v_{12}}{c}\right)} = \frac{0,6}{0,094} = 6,38 \text{ m/s.}$$

3. Füllschwall

Gegeben: Rechteckquerschnitt

$$Q_1 = 20 \text{ m}^3/\text{s}; \quad B = 10 \text{ m}; \quad h_1 = 5 \text{ m};$$

$$Q_2 = 50 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Gesucht: Schwallhöhe z und Schwallgeschwindigkeit c .

$$v_{21} = \frac{Q_2}{F_1} = \frac{50}{50} = 1 \text{ m/s,}$$

$$Fr_{21} = \frac{Q_2}{F_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{1}{\sqrt{9,81 \cdot 5}} = 0,143,$$

$$\frac{1}{\delta} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{20}{50} = 0,4.$$

Mit $Fr_{21} = 0,143$ und $1/\delta = 0,4$ erhält man aus Abb. 6

$$\xi_1 = 0,077 \quad \text{und} \quad \frac{v_{21}}{c} = 0,129$$

und damit

$$z = \xi_1 \cdot h_1 = 0,077 \cdot 5 = 0,385 \text{ m};$$

$$c = \frac{v_{21}}{\left(\frac{v_{21}}{c}\right)} = \frac{1}{0,129} = 7,75 \text{ m/s.}$$

4. Absperssunk

Gegeben: Rechteckquerschnitt

$$Q_1 = 10 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_2 = 50 \text{ m}^3/\text{s}; \quad B = 10 \text{ m}; \quad h_2 = 5 \text{ m.}$$

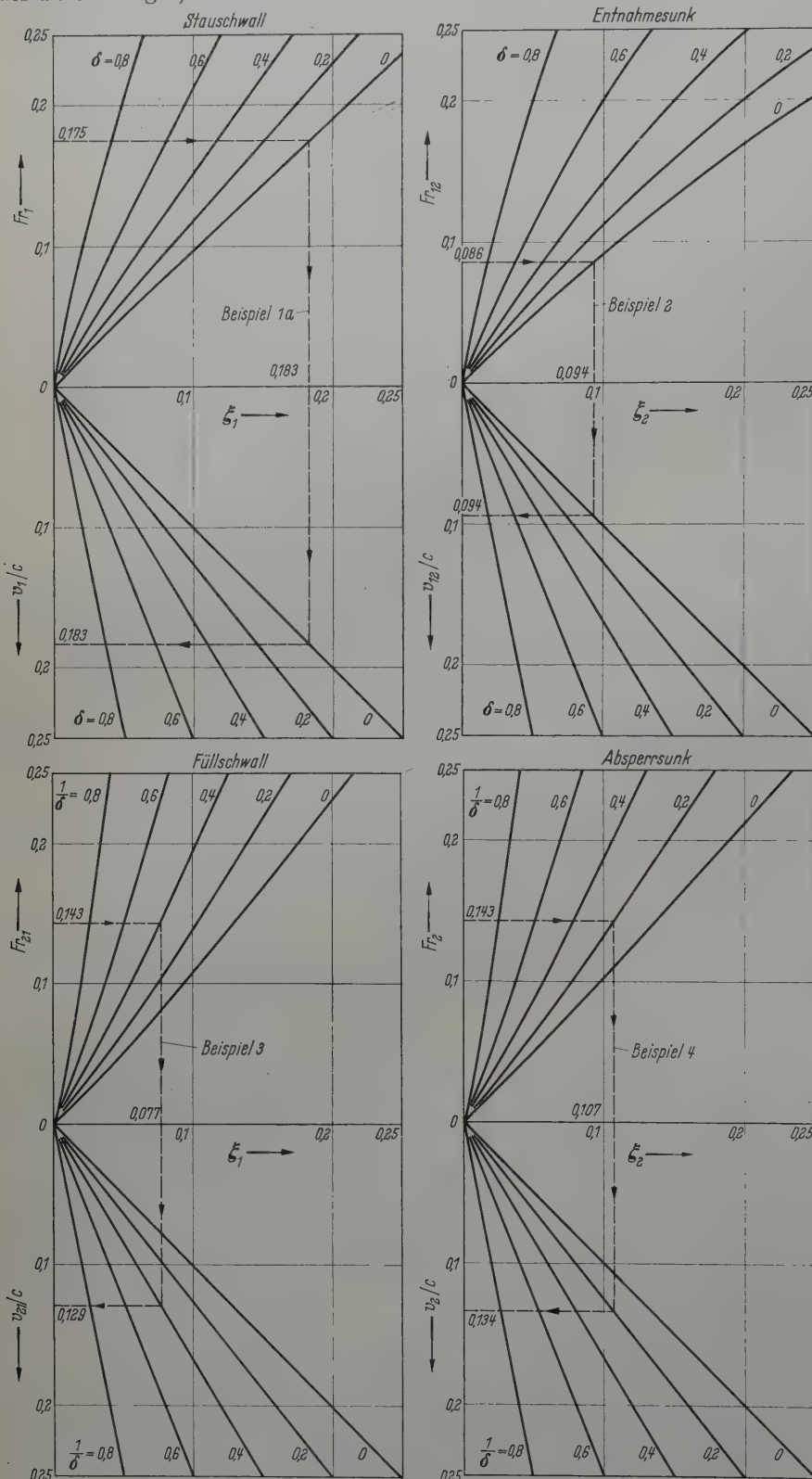


Abb. 6. Diagramme zur Ermittlung von Schwall- und Sunkhöhen z bzw. Schwall- und Sunkgeschwindigkeiten c .

Gesucht: Sunkhöhe z und Sunkgeschwindigkeit c .

$$v_2 = \frac{Q_2}{F_2} = \frac{50}{50} = 1 \text{ m/s},$$

$$Fr_2 = \frac{Q_2}{F_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{1}{\sqrt{9,81 \cdot 5}} =$$

$$= 0,143; \quad \frac{1}{\delta} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{10}{50} = 0,2.$$

Mit $Fr_2 = 0,143$ und $1/\delta = 0,2$ erhält man aus Abb. 6

$$\xi_2 = 0,107 \quad \text{und} \quad \frac{v_2}{c} = 0,134$$

und damit

$$z = \xi_2 \cdot h_2 = 0,107 \cdot 5 = 0,535 \text{ m}$$

und

$$c = \frac{v_2}{\left(\frac{v_2}{c}\right)} = \frac{1}{0,134} = 7,46 \text{ m/s},$$

5. Zusammenfassung

Auf der Grundlage von dimensionslosen Kenngrößen wird ein Berechnungsverfahren für Schwall- und Sunkvorgänge in prismatischen offenen Gerinnen entwickelt. Das Verfahren ist allgemein gültig für Kanäle beliebiger Querschnittsform. Die Gleichungen sind in Form von Diagrammen ausgewertet, mit denen Schwall- und Sunkgeschwindigkeit und Schwall- und Sunkhöhe übersichtlich und schnell bestimmt werden können.

Die Anwendung der Diagramme (Abb. 6) wird durch einige Beispiele erläutert.

Literatur

1. J. Frank: Nichtstationäre Vorgänge in den Zuleitungs- und Ableitungskanälen von Wasserkraftwerken. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Verlag Springer 1957.

Bhakra-Nangal, Indiens größtes Dammprojekt

Von Dipl.-Ing. D. Brenske, Dortmund

DK 627.81/.82 (545.1) (282.253.24)

1. Einführung

Der mittlere Teil des Staates Panjab gehört zu den wasserärmsten Gebieten der dem Himalaya vorgelagerten Nordstaaten Indiens. Während West-Panjab in Pakistan und Ost-Panjab etwa im Raume ostwärts Delhi von einigen Flußläufen aus dem Himalaya durchzogen werden, die ein gut angelegtes und teilweise bereits hundert Jahre altes Bewässerungskanalnetz speisen, wurde der mittlere Teil des Panjab von der Natur insofern stiefmütterlich behandelt, als dieser auf einer Strecke von Delhi am Jamuna bis zum Sutlej — das sind etwa 360 km — keinen natürlichen Flußlauf aufweist.

Da nun der Sutlej in seinem weiteren Verlauf nach Südwesten — d. h. in den Indus — und der Jamuna nach Südosten — d. h. in den Ganges — fließen, findet man weiter südlich auf einer Strecke vom berühmten Agra am Jamuna bis zum Zusammenfluß des Sutlej mit dem Indus — das sind etwa 770 km — wiederum keinen natürlichen Wasserlauf. Hier befindet man sich dann bereits im größten Steppengebiet der indischen Halbinsel, im Staate Rajasthan. — Dieses Gebiet zwischen Jamuna und Sutlej, das also gewissermaßen Wasserscheide der in den Golf von Bengal und die Arabische See entwässernden Flußsysteme ist, gehört zu den größten Dürregebieten Indiens, deren Nutzbarmachung die indische Regierung bereits während des ersten Fünfjahresplanes in Angriff genommen hat und die man in den weiteren Fünfjahresplänen ständig ausbauen wird.

Die Natur kommt diesen Plänen insofern nun wieder zu Hilfe, als daß der dieses Gebiet nach Nordwesten abgrenzende natürliche Wasserlauf — eben der Sutlej — mit seinem weit nach Tibet reichenden und in seiner Größe nicht einmal genau bekannten Einzugsgebiet ein Fluß recht beachtlicher Mächtigkeit ist, der mit einer maximal beobachteten Flutwassermenge von etwa 11 000 m³/s an der Stelle des heutigen Bhakradammes — es entspricht dies etwa dem HHQ des Rhein bei Köln — neben dem Indus zu den größten Flußläufen des westlichen Himalayas zählt. Darüber hinaus weist der Sutlej bei Austritt aus dem Vorberge eine zum Bau einer Talsperre recht gut geeignete Schlucht auf, die an Steilheit, Höhe und vor allem Länge das Optimum schon fast über-

steigt, was weiter unten bei der Erläuterung der Baustelleneinrichtung noch besondere Erwähnung findet.

Die ersten Projektpläne gehen zurück auf das Jahr 1919. Sie sahen ein Reservoir im Sutlej vor, in der Nähe des Dorfes Bhakra, und weiter unterhalb bei Nangal eine Wehranlage, die einen Bewässerungskanal speisen sollte. Da seinerzeit lediglich Bewässerungsinteressen bestanden und keine Kraftgewinnung mit dem Projekt verbunden war, begnügte man sich mit einer Staumauerhöhe von etwa 154 m über der Gründungsfuge. 1927 entstanden dann Pläne, die einer eventuell ansteigenden Stromnachfrage gerecht werden sollten und daher den Damm um 31 Meter erhöhten, bis dann im Jahre 1947 ein amerikanischer Fach-

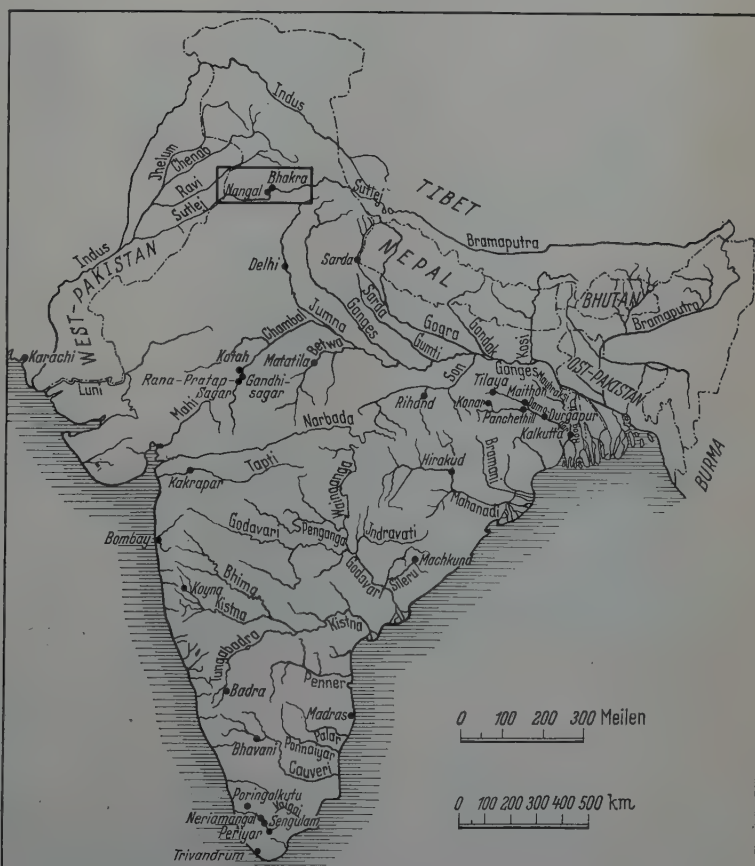


Abb. 1. Geographische Lage des Bhakra-Nangal-Projektes.

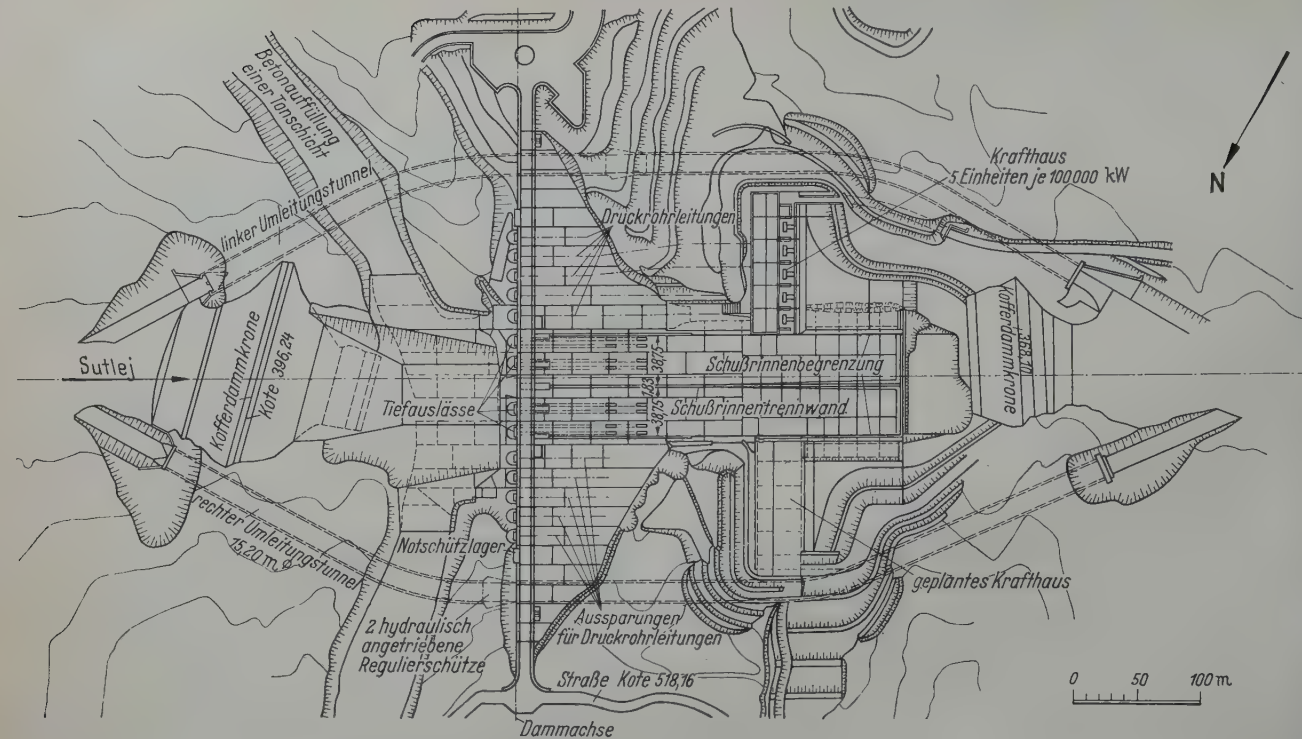


Abb. 2. Lageplan zum Bhakra-Damm.

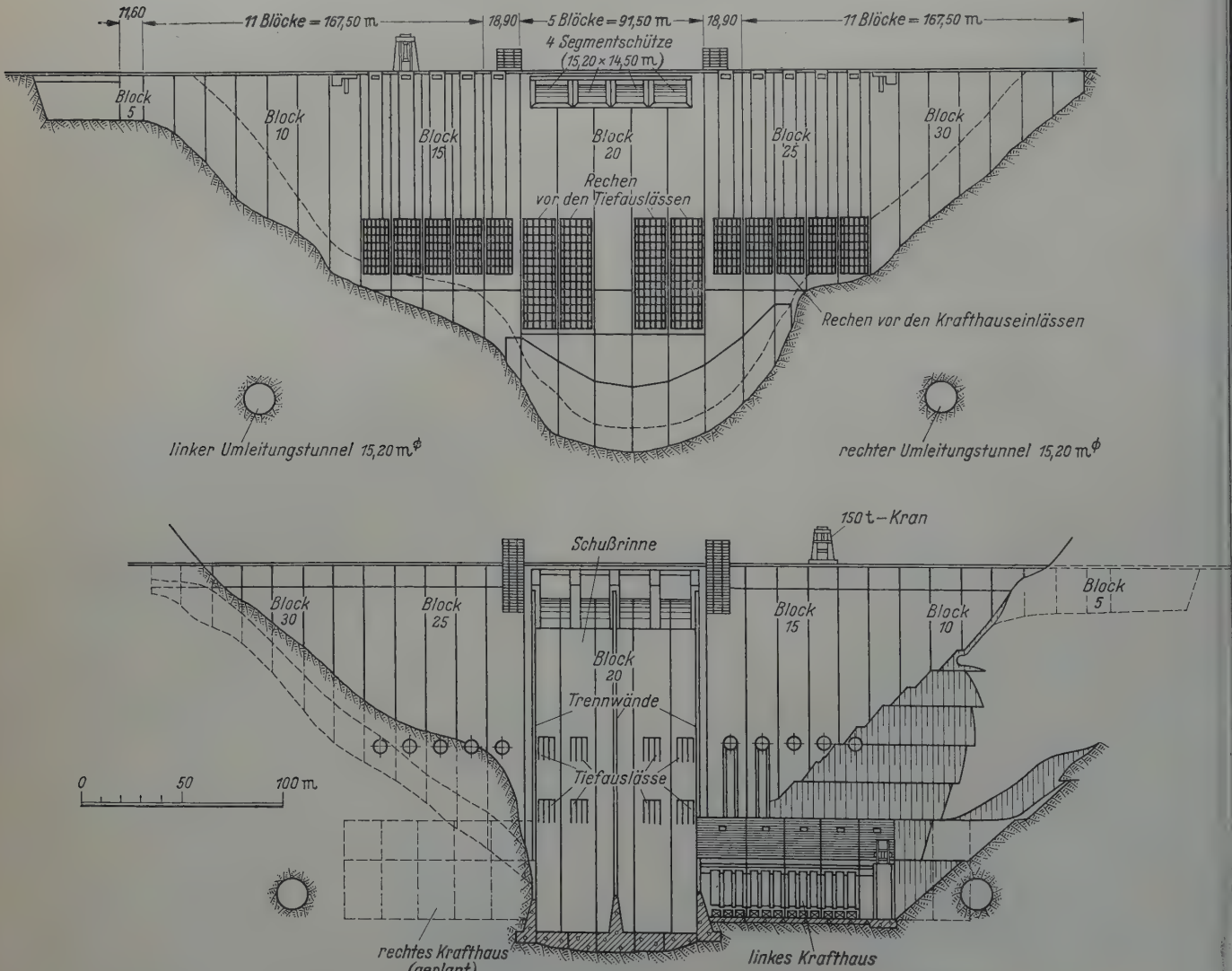


Abb. 3. Ansicht von Ober- und Unterstrom.

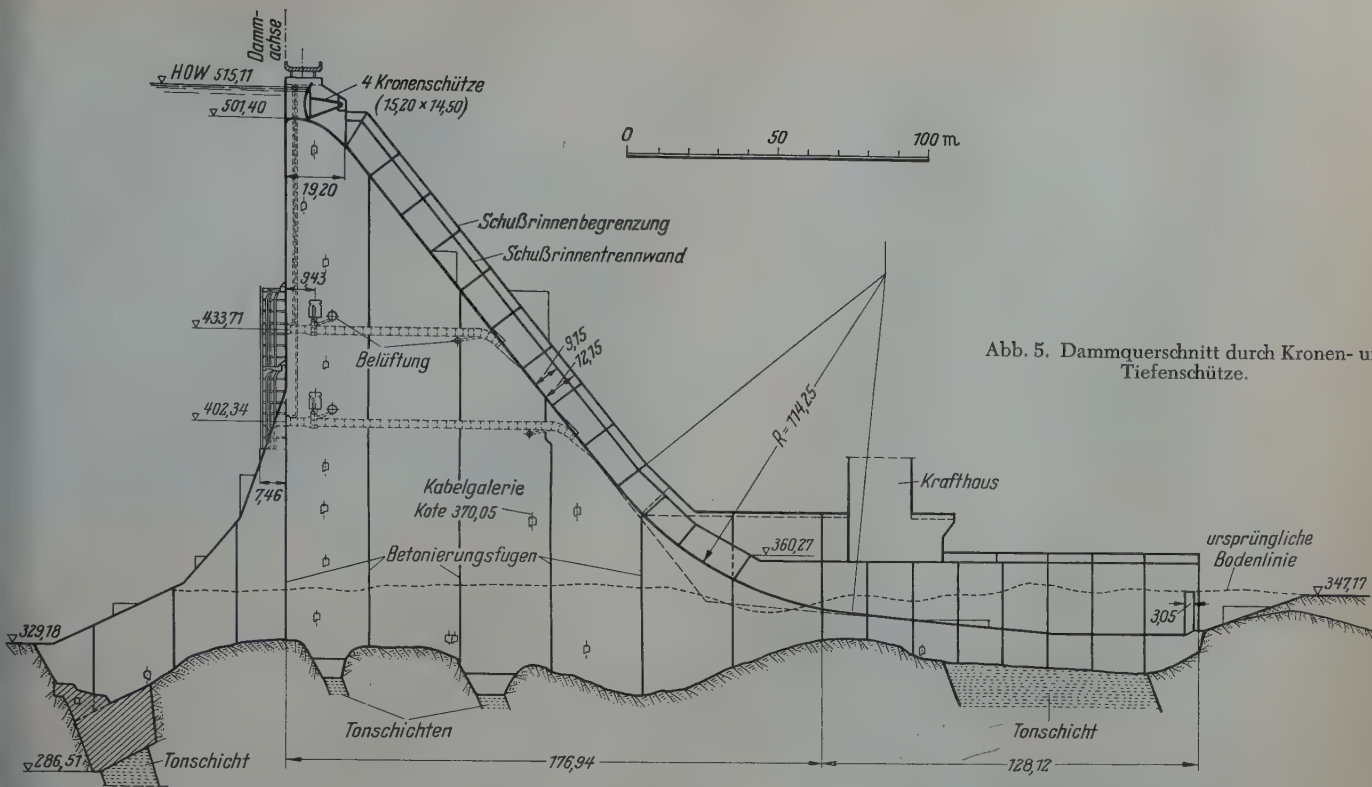


Abb. 5. Dammquerschnitt durch Kronen- und Tiefenschütze.

ausschluß eine nochmalige Erhöhung des Dammes vorsah, der in seiner heutigen Ausführung nun etwa 224 Meter bis zum tiefsten Punkt seiner Gründungsfuge messen wird.

Bhakra-Nangal ist das bisher größte Mehrzweck-Projekt Indiens, vielleicht sogar des gesamten ostasiatischen Raumes. Der Bhakra-Damm selbst dürfte die höchste bisher gebaute Schwerkriegtsmauer der Welt sein, hinter der sich bei einer Stauseelänge von 90 km ein Reservoir von 9,2 Milliarden m³ bildet, von denen 7,1 Milliarden m³ für Bewässerung und Kraftgewinnung genutzt werden sollen. Das Projekt umfaßt im wesentlichen folgende Einzelarbeiten:

- Den Bhakra-Damm
- Die Wehranlage bei Nangal
- Den Nangal-Kraftkanal
- Die Kanalkrafthäuser Ganguwal und Kotla
- Das Bewässerungssystem
- Das Überlandleitungsnetz.

Tabelle 1.

Die wichtigsten Daten der größten Staudämme der Welt.

1. Höhe:		2. Erdaushub:	
Bhakra	225 m	Grand Coulee	9,1 · 10 ⁶ m ³
Hoover	220 m	Bhakra	5,8 · 10 ⁶ m ³
		Shasta	5,0 · 10 ⁶ m ³
3. Betonmenge:		4. Staupraum:	
Grand Coulee	8,1 · 10 ⁶ m ³	Hoover	39,0 · 10 ⁹ m ³
Bhakra	4,1 · 10 ⁶ m ³	Grand Coulee	12,0 · 10 ⁹ m ³
		Bhakra	9,2 · 10 ⁹ m ³
5. Kraftgewinnung:		Bewässerung:	
Grand Coulee	1,89 · 10 ⁶ kW	Bhakra	26 000 qkm
Hoover	1,31 · 10 ⁶ kW	Hoover	7 750 qkm
Bhakra	1,05 · 10 ⁶ kW		
(Endausbau)			

Auf Grund fester Abmachungen mit Pakistan, die übrigens für alle drei Nebenflüsse des Indus (Jhelum, Chenab und Sutlej) Gültigkeit haben, darf Indien mit dem Bhakra-Nangal-Projekt nur 20 % der Sutlej-Jahreswassermenge nutzen.

2. Der Bhakra-Damm

a) Allgemeines

Während technisch gesehen alle anderen Bauvorhaben des Bhakra-Nangal-Projektes ohne ausländische Hilfe er-

stellt werden konnten, mußten beim Bau des Bhakra-Dammes ausländische Experten zu Rate gezogen werden. — Jedoch nahm man davon Abstand, eine ausländische Firma mit Leitung und Durchführung der Arbeiten als Generalunternehmer zu beauftragen, sondern legte Führung von Entwurf und Baustelle in indische, d. h. staatliche Hand.



Abb. 4. Gesteinszerklüftungen wie diese am Auslauf einer der beiden Umleitungsstollen machten es erforderlich, die anfangs geplante Bogenstaumauer als Schwerkriegtsmauer auszuführen.

Man berief lediglich eine Gruppe amerikanischer Experten zur Unterstützung der Entwurfsbearbeitung und Bauausführung, da man einmal nicht über einheimische Firmen mit genügender Erfahrung für derartig große Bauaufgaben verfügt, zum anderen will man den Ingenieuren der Behörde Gelegenheit zur eingehenden Mitarbeit an Groß-

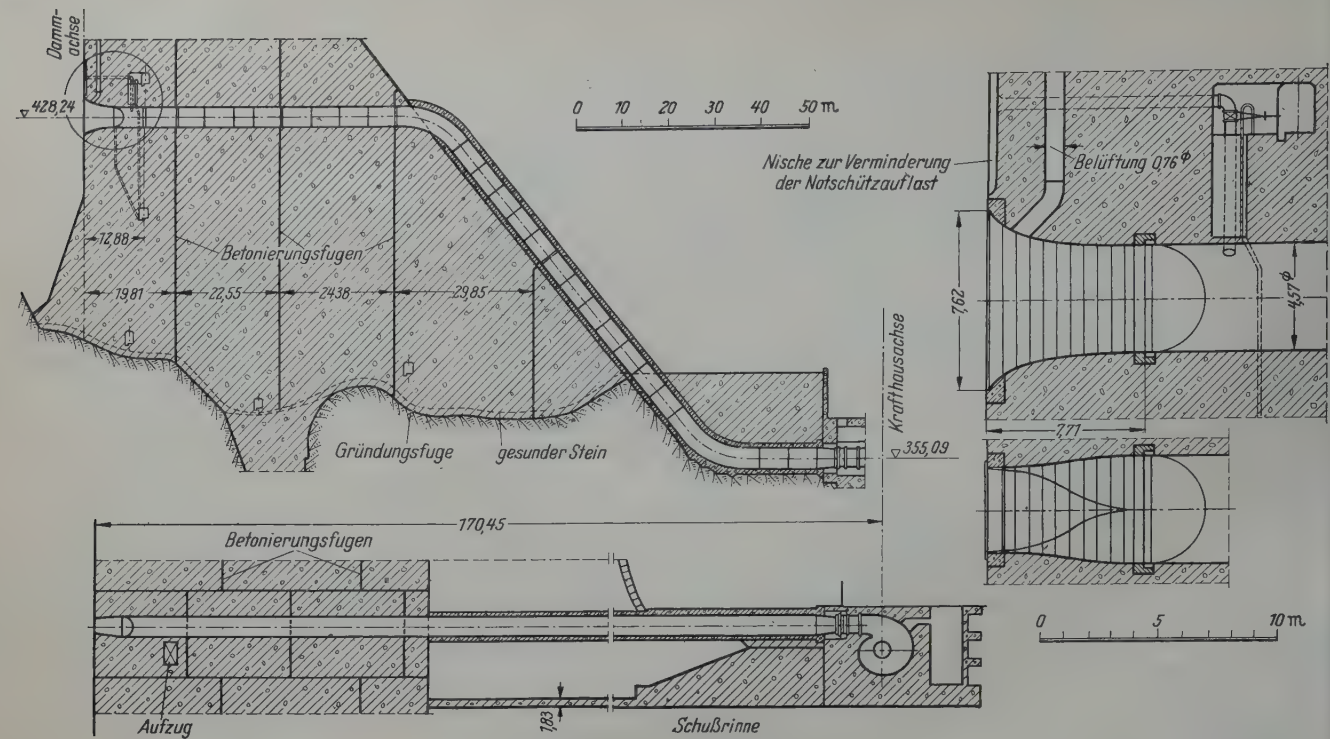


Abb. 6. Druckrohrleitung zum linken Krafthaus.

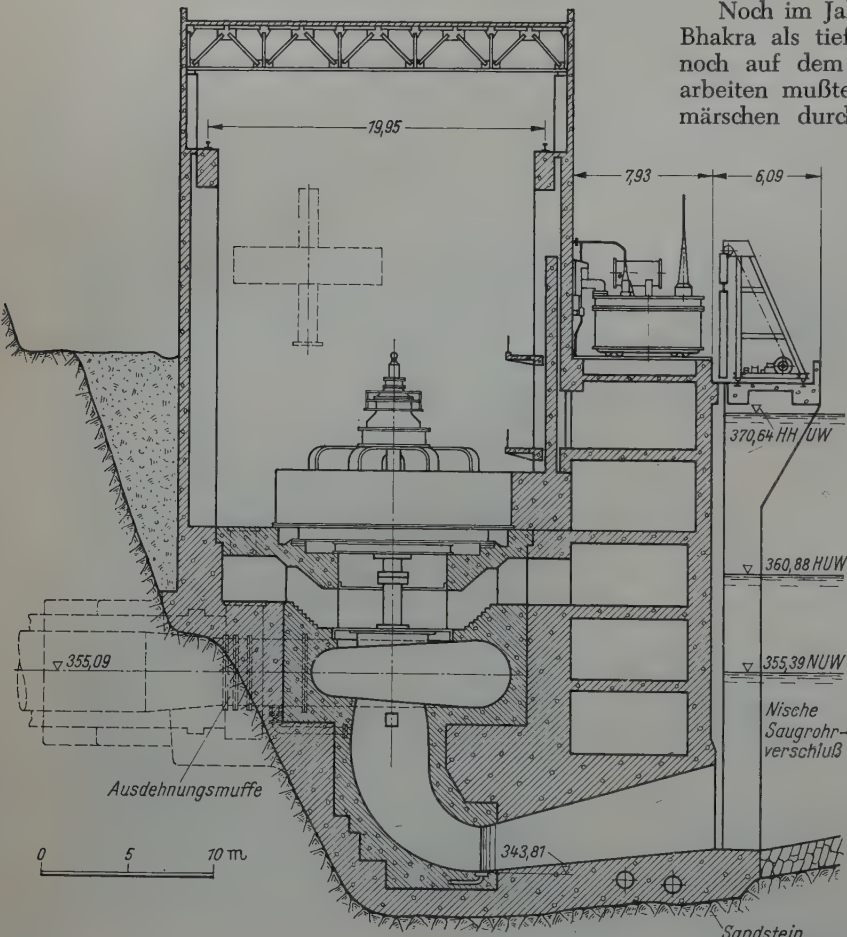


Abb. 7. Querschnitt durch das Krafthaus am Damm (5 Einheiten zu je 100 000 kW).

Noch im Jahre 1946 waren die Baustellen Nangal und Bhakra als tiefster Dschungel weder auf dem Schienen- noch auf dem Straßenweg erreichbar. Alle Erkundungsarbeiten mußten daher in strapaziösen mehrtätigen Fußmärschen durchgeführt werden. Im Jahre 1947 wurden Straßen- und Eisenbahnverbindungen erstellt und in Nangal selbst mit dem Bau einer Stadt begonnen.

Die Methode der staatlich gelenkten Entwurfsbearbeitung und Bauausführung erforderte ein umfangreiches Entwurfsbüro, das im Jahre 1952 mit seinem Sitz in Neu-Delhi die ersten Arbeiten aufnahm.

Zur Geologie der Baustelle ist zu sagen, daß Sandstein vorherrscht, der mit verhärteten Tonschichten durchzogen ist. Gerade das Auftreten dieser Tonschichten und eine Vielzahl von Verwerfungen sowie die Witterungsanfälligkeit des Gesteins ließen den Bau einer anfangs geplanten Bogenstaumauer nicht zu, so daß man zu einer Gewichtsstaumauer übergehen mußte. Glücklicherweise befand sich an der engsten Stelle der zum Bau des Dammes geeigneten Gebirgsschlucht im Bereich der Gründungsfuge relativ gesunder Sandstein, während ober- und unterhalb dieser Stelle die Tonablagerungen stark zunahmen. — Rechtsseitig stand gesunder Sandstein an, dagegen waren linksseitig erhebliche Abgrabungen erforderlich, bis man gründungsfähigen Sandstein vorfand. Dies mußte beim Entwurf der zu beiden Seiten des Dammes anzuordnenden Krafthäuser besonders beachtet werden. Es entwickelten sich hierbei 4 Varianten:

1. Beide Krafthäuser als Kavernenkraftwerke
2. Beide Kraftwerke oberirdisch
3. Eine Kombination von 1. und 2.
4. Eines oder beide Krafthäuser direkt am Damm.

Auf Grund sehr intensiver Vorstudien, die teilweise in den USA durchgeführt wurden, gelangt nun die Va-

projekten geben, um bei künftigen Arbeiten von ausländischer Hilfe unabhängig zu sein. Es ist dies ein in asiatischen Ländern bei Durchführung größerer Bauvorhaben sehr beliebtes Verfahren, bei dem man den hiermit verbundenen Mehraufwand an Kosten und Zeit bewußt in Kauf nimmt.

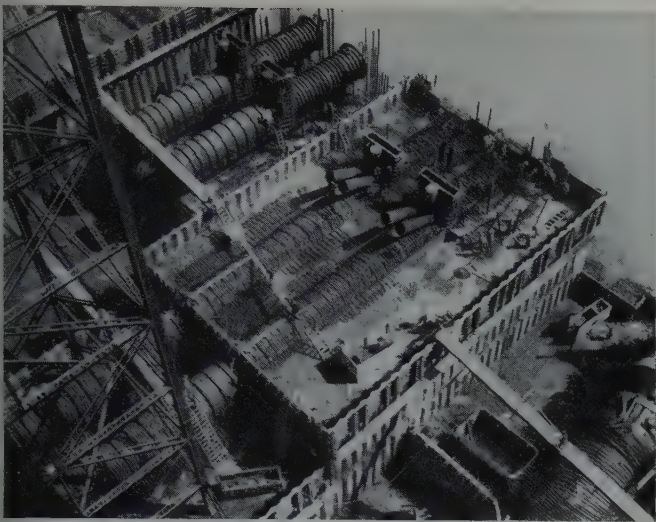


Abb. 8. Einbau der Auslässe (jet flow gates), im Bild Mitte sind die schräg nach oben geführten Belüftungsrohre erkenntlich.

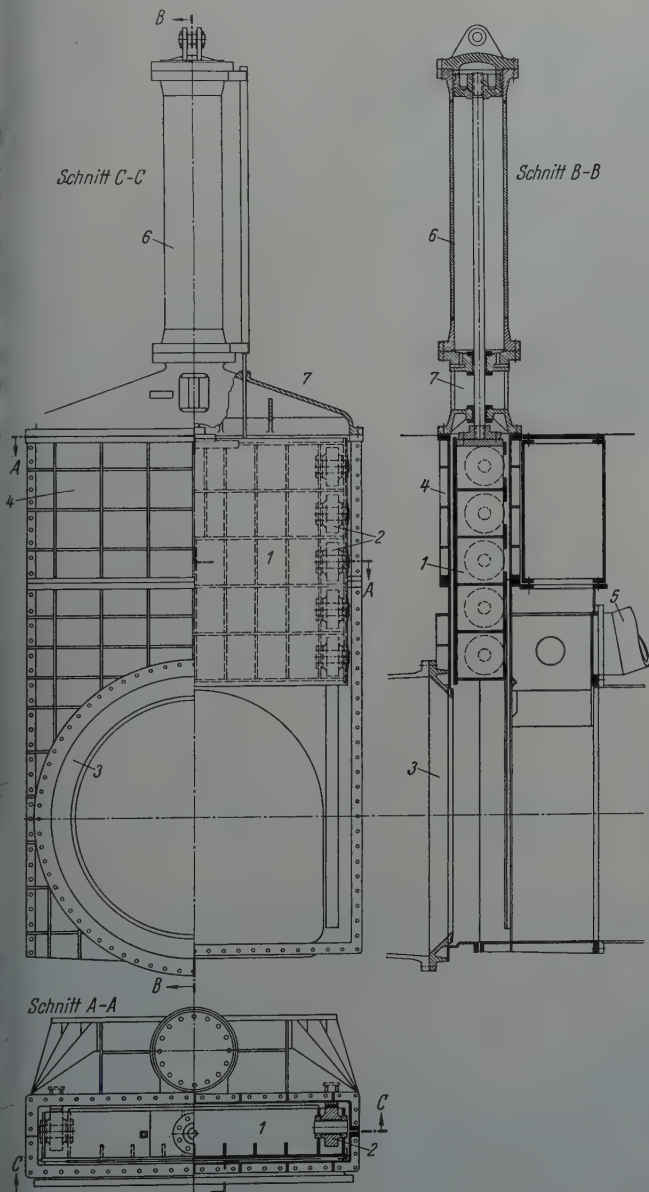


Abb. 9. Die 16 Tiefauslässe im Damm werden von Strahlschiebern dieser Bauart abgeschlossen. (Dr. Wickert, Schweißen und Schneiden, Juni 1959.) — 1 Schütz; 2 Rollen; 3 Düsenring; 4 Gehäuse; 5 Belüftung; 6 hydraulischer Antrieb; 7 Haubendeckel.

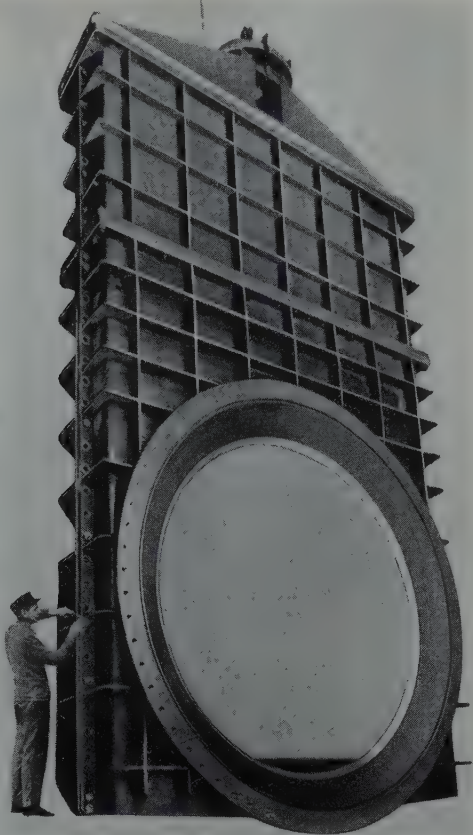


Abb. 10. Ein Strahlschieber mit Gehäuse abnahmebereit im Lieferwerk. Werkfoto Rheinstahl Union Brückenbau, Dortmund.

riante 2 zur Ausführung, wobei die Krafthäuser dicht an den Fuß des Dammes gesetzt werden.

b) Dammausrüstung

- Hierbei sind zu nennen:
- 10 Druckrohrleitungen ($4,57\text{ m } \phi$) zu den Krafthäusern,
 - 10 hufeisenförmige Tiefauslässe ($2,45\text{ m } \phi$, je 8 in einer Reihe),
 - 4 Kronenschütze ($15,2 \times 14,5\text{ m}^2$, Segmente),
 - 1 150 t-Portalkran zur Bedienung der Notschütze vor den Druckrohrleitungen und den Tiefauslässen.

Besondere Erwähnung verdienen hierbei vielleicht die Verschlüsse in den 16 Tiefauslässen, die sog. Strahlschieberschütze (jet flow gates). Die in der untersten Reihe liegenden Verschlüsse arbeiten bei Vollstau unter einem Wasserdruck von 110 m und dürften im Hinblick darauf wohl zu den größten Tiefschützen Asiens gehören. Man widmete ihnen daher in punkto Materialgüte und geforderter Maß-

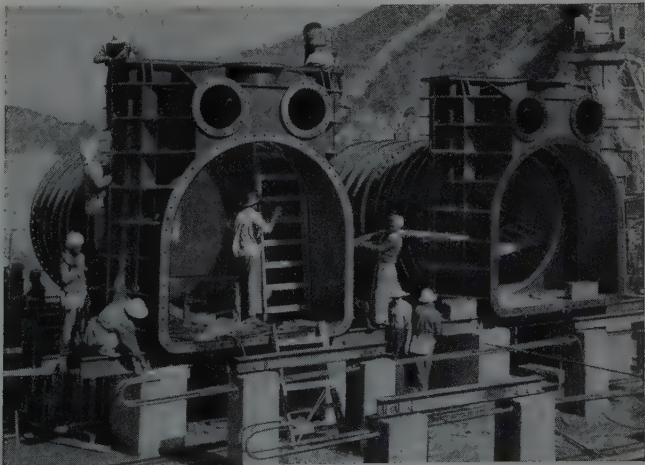


Abb. 11. Montage der Strahlschieber. (Dr. Wickert, Schweißen und Schneiden, Juni 1959.)

genauigkeit besondere Aufmerksamkeit. — Der vor dem Schütz angeordnete Einlauftring wirkt bei Vollöffnung als strahlbündelnde Düse, die sonst hydraulisch so nachteilig empfundenen Nischen werden also glatt von dem gebündelten Wasserstrahl übersprungen. [Dr. Wickert, Schweißen u. Schneiden. Juni 1959.] Der Düsenring trägt gleichzeitig die Dichtung, an der die stark remanitplattierte Stauwand vorbeigeleitet. Somit entfallen die sonst üblichen und oft gefährdeten Übergänge der Seitendichtungen zu den Horizontaldichtungen. Die Dichtung selbst liegt in einem auf dem Einlauftring aufgeschraubten Messingring und ist als Musiknotenprofil äußerst starr gelagert. Eine derart starr gelagerte Dichtung läßt natürlich nur ungewöhnlich kleine Maßabweichungen zu, die dann auch an den wichtigsten



Abb. 12. Betonierung des Tunnelauslaufs linksseitig.

Stellen des Schützes mit 0,2 mm vorgeschrieben waren. Das Schütz wiegt etwa 11 t, der hydraulische Antrieb ist jedoch mit einer maximalen Hubleistung von 170 t ausgelegt. In allem also ein Schütz, das aus dem Rahmen üblicher Tiefschütze herausfällt. — Zur Ermittlung der günstigsten Anordnung der Strahlbelüftung und vor allem der Querschnitte derselben wurden besondere Modellversuche durchgeführt.

Die 4 Kronenschütze in den Abmessungen $15,2 \times 14,5$ m waren anfangs als Trommelwehre gedacht, sie werden jedoch nun aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus als Segmentschütze ausgeführt und gehören somit zu den größten Segmenten Indiens.

Die Wasserganglinie des Sutlej, die sich auf eine 42jährige Beobachtungszeit stützt, ergab für einen Zeitraum von 1000 Jahren die Wahrscheinlichkeit einer einmaligen Flutwassermenge von $11\,000\text{ m}^3/\text{s}$. Aus Wasserstandsmerkmalen des Jahres 1875 hatte man ein HHQ etwa gleicher Größe errechnet. Die Abflußleistungen der Kronen- und Tiefschütze wurde jedoch nur mit $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ fest-

gelegt. Die 16 Tiefauslässe tragen dazu mit $2600\text{ m}^3/\text{s}$ bei während die Kronenschütze bei Vollstau $7400\text{ m}^3/\text{s}$ abzuführen imstande sind. — Diese etwas ungewöhnliche Maßnahme, die Abflußleistung der Anlage unter dem HHQ zu belassen, erklärt sich aus der Tatsache, daß die alljährlich wiederkehrenden Hochwasser der indischen Flüsse infolge des Monsums zeitlich festliegen, so daß man bei der Größe des Bhakra-Reservoirs imstande zu sein glaubt, sämtlich Hochwasserspitzen abzufangen. Tatsächlich rechnet man nach der Bhakra-Inbetriebnahme nur noch mit einer maximalen Abflußmenge von $8000\text{ m}^3/\text{s}$.

Bei Höchstabfuhr von $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ würde die Abflußmenge pro Meter der Schußrinne $128\text{ m}^3/\text{s}$ betragen und ist somit, verglichen zu den Dämmen Grand Coulee und Shasta, mit 84 und $85\text{ m}^3/\text{s}$ u. m. der Schußrinne wohl die größte der Welt. Es wurden daher besonders ausführlich Modellversuche in Indien (Punjab Irrigation Department Research Station, Malikpur) wie auch in den USA (US Buro of Reclamation, Fort Collins, Colorado) zur Bestimmung der Schußrinne und der Energieumwandlung durchgeführt. Neben den üblichen Prüfungen hierbei wie Druckmessung auf der Dammkrone bei verschiedenen Schützstellungen sowie Erosionsmessungen am Ende der Schußrinne wurden auch Wellen und Schwingungen im Bereich der Schußrinne gemessen. Danach sollen bei vollem Abfluß Wellen bis zu einer Höhe von $2,6$ m entstehen. — Eine Wand in der Mitte der Schußrinne ermöglicht Reparaturen in der Schußrinne selbst, da bei normalem Bewässerungsbedarf der Abfluß durch die Hälfte der Tiefausläufe erfolgen kann.

c) Kraftgewinnung am Damm

Die Krafthäuser am Damm speisen zusammen mit dem Nangkraftsystem, das weiter unten beschrieben wird, ein gemeinsames Versorgungsnetz mit einem Jahresverbrauch von $3,5 \times 10^9$ kWh. Die beiden Krafthäuser am Damm mit insgesamt 10 Einheiten zu je $90\,000\text{ kW}$ bilden dabei die Hauptkraftquelle, während in den beiden Stufen des Nangal-Kraftkanals je 6 Einheiten zu je $24\,000\text{ kW}$ arbeiten.

Im ersten Bauabschnitt wird nur das linke Krafthaus am Damm mit 5 Sätzen gebaut, während die Inangriffnahme des rechten Krafthauses je nach der steigenden Stromnachfrage zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen ist, den man glaubt, in etwa 25 Jahren erreicht zu haben. Es erhob sich daher die Frage, wie weit man die Druckrohrleitungen des rechten Krafthauses im ersten Bauabschnitt installieren sollte. Im Hinblick auf den nicht unerheblichen Zinsverlust (etwa 6 Mill. DM) dieser bei sofortigem Einbau der Druckrohrleitungen noch auf weite Sicht brachliegenden Anlagekosten entschloß man sich, nur die Einläufe dieser Druckrohre an der Oberwasserseite des Dammes einzubauen, schloß diese mit einer Kugelschleuse ab und ließ entsprechende Aussparungen im Damm zum späteren Einbau der Druckrohrleitungen. — Über die Nachteile dieser im Damm verbleibenden Aussparungen, die in derartiger Größe keineswegs alltäglich sind,



Abb. 13. Ansicht von Unterstrom im Frühjahr 1957.

hatte man vorher eingehende Überlegungen und Vergleiche mit bisherigen Anlagen angestellt. Man weiß vom Grand-Coulee-Damm, daß das Vergleichen der hier freigelassenen Aussparungen durchaus befriedigende Ergebnisse brachte. Jedoch erfolgte dies hier vor Erreichen des Vollstaues, so daß man im Falle Bhakra zur Frage der Betonspannungen im Bereich dieser Aussparungen besondere Berechnungen und Modellversuche durchführte, die Hauptspannungen von $+16$ und -42 kg/cm^2 sowie eine Scherspannung von $8,5 \text{ kg/cm}^2$ ergaben. Da in dem fraglichen Bereich gutbewährter Stahlbeton vorliegt, beließ man es bei dieser Lösung.

Auch zur Frage des Wasser-schlages in den Druckrohrleitungen wurden Versuche durchgeführt, die ergaben, daß der horizontale Lauf der Druckrohrleitungen im Damm eine Länge von 100 m nicht überschreiten dürfe. Tatsächlich laufen die Druckrohrleitungen im Damm auch nur über eine horizontale Länge von 72 m.

Für die Krafthäuser im Damm wurden Francisturbinen gewählt. Sie arbeiten in einem Druckhöhenbereich von 82 bis 155 m, die Maximalleistung liegt mit 125 000 PS bei einer Druckhöhe von 120 m und einer Drehzahl von 167 pro Minute. Große und Gewicht dieser für Indien bisher größten Turbinen erfordern besondere Überlegungen bei dem Entwurf und der Fertigung. Wegen der geringen Tragfähigkeit der Straßenbrücken mußten die Ladeprofile der Eisenbahn eingehalten werden, was zu der Überlegung führte, den Läufer mit einem Baustellenstoß zu versehen. Jedoch lagen keinerlei Erfahrungen mit gestoßenen Läufern für Turbinen derartiger Druckhöhen vor, so daß man hiervon Abstand nahm und den Läufer mit einem Durchmesser von 4,5 m bei einem Stückgewicht von 37,5 t lieferte. Das Gesamtgewicht einer Turbine beträgt 590 t, ein Öldruckrelais sorgt dafür, daß der Schnellschluß der Turbinenschütze im Damm innerhalb von 4 Sekunden erfolgt.

d) Bauausführung

1. Flußumleitung. Während der Bauarbeiten wurde der Fluß in zwei Seitentunnel umgeleitet. Es sind dies betonausgekleidete Tunnel, 15 m im Durchmesser und 800 m lang. In jedem dieser Tunnel befinden sich zwei Verschlüsse mit hydraulischem Antrieb. Der Abflußbeiwert dieser Tunnel wurde an Modellversuchen bestimmt, um die Höhe des die Baugrube abschließenden Kofferdammes bei einer geforderten Flutwassermenge von $7100 \text{ m}^3/\text{s}$ ermitteln zu können. Es ergab dies eine Höhe von 45 m für den Kofferdamm. — Der Tunnelvortrieb erfolgte von einem quadratischen Stollen aus ($3 \times 3 \text{ m}^2$), der dann zu einem Kreis von 18 m erweitert wurde. Der relativ schlechte Zustand des Gebirges erforderte Hilfsunterstützungen, bis das 1,5 m starke Betongewölbe abgeunden hatte. In beiden Tunneln wurden nach allen Seiten Injektionen ein-



Abb. 14. Die Baustelleneinrichtung am Damm. Rechts unten: Auslauf des rechten Umleitungstunnels.



Abb. 15. Die beiden Gerüste des ersten Betonierungsstadiums. Gerüsthöhe noch etwa 100 m unter der Dammkrone. Links: Eingang eines Tunnels zur Beschickung des im Bild dargestellten hinteren Gerüsts.

gebracht, die im Bereich der Dammachse bis auf eine Tiefe von 23 m gingen.

2. Gründungen. Vor Inangriffnahme der Bauarbeiten wurden in 8jähriger Erkundungsarbeit mehr als 500 Bohrlöcher und 70 Tunnel in den verschiedensten Richtungen niedergebracht, die ergaben, daß linksseitig etwa 30 m und rechtsseitig etwa 15 m abzugraben waren, bis man gesundes Gründungsgestein antraf. Insgesamt kam man dabei auf einen Gesamtaushub von 5,8 Mill. m^3 . Das Gründungsgestein weist eine durchschnittliche Festigkeit von 560 kg/cm^2 auf. Wie bereits oben angegeben, befanden sich im Bereich des eigentlichen Dammes keine wesentlichen Gesteinsstörungen. Jedoch lag oberwasserseitig eine etwa 40–50 m breite Tonschicht, die, um Auswaschungen infolge des hohen Wasserdruckes zu vermeiden, entfernt und durch Beton ersetzt wurde.

Die Größe des Objektes, insbesondere aber die Tatsache, daß die geologischen Verhältnisse nicht gerade die besten waren, veranlaßte sorgfältig durchdachte Injektionsmaßnahmen. Man entschloß sich zu einer Vorhang- und auch zu einer Konsolidierungsinjektion. Bekanntlich schaffen erstere eine möglichst wasserdichte Wand unter dem Damm — sie werden auch erst nach Erreichen des Stauziels von den untersten Kontrollgängen aus eingebracht —, während die Konsolidierungsinjektionen offen zutage tretende Bruchstellen im Gründungsgestein schließen sollen. — Schon bei den Probebohrungen hatte man tonhaltiges Wasser in den Löchern beobachtet, man spülte daher die Injektionsbohrungen nach einem besonders ent-



Abb. 16. Teilansicht der Baustelle, Frühjahr 1957. Mitte unten: Einlauf des rechten Umleitungstunnels.

wickelten System mit einem Wasser-Luft-Gemisch und konnte damit die unerwünschten Tonbestandteile vor dem Injizieren entfernen. Die Konsolidierungsinjektion wurde bis zu einer Tiefe von 6—16 m eingebracht. Der Arbeitsdruck schwankte dabei zwischen 4—10 atü, während die Vorhangingjektion der dann wirkenden Auflast wegen mit etwa 42 atü durchgeführt werden soll. Hierbei will man in der Mitte des Dammes Tiefen bis zu 55 m erreichen, die zu den Seiten hin auf etwa 26 m abnehmen sollen.

3. Baustelleneinrichtung. Die Enge des Tales im gesamten Umkreis der Baustelle ließ es nicht zu, alle Werkstätten und Vorbereitungsanlagen an der Baustelle selbst zu stationieren, sondern diese mußten an drei verschiedenen Stellen eingerichtet werden.

1. An der Baustelle selbst: Betonmischanlage, Zuschlagstofflager, Sieb- und Kühlanlage, eine kleine Werkstatt mit Materiallager. Hierfür mußten zwei künstliche Terrassen mit einer Gesamtfläche von 65 000 m² angelegt werden.

2. Etwa 4 km unterhalb Bhakra bei Neilla: Sägewerk, Zimmerei, Biegewerkstatt, Brennstofflager, Maschinen- und Materialpark, Lokomotivschuppen und Arbeitsunterkünfte.

3. In Nangal etwa 13 km unterhalb Bhakra: Eine größere Stahlbauwerkstatt, Hauptvorratslager, Unterkünfte für die Angestellten, eine Sauerstoff- und eine Azetylenfabrik mit Leistungen von 30 und 7 m³/h.



Abb. 18. Transport des Frischbetons auf Dieselkarren. Die Kübel haben ein Fassungsvermögen von 3 m³.

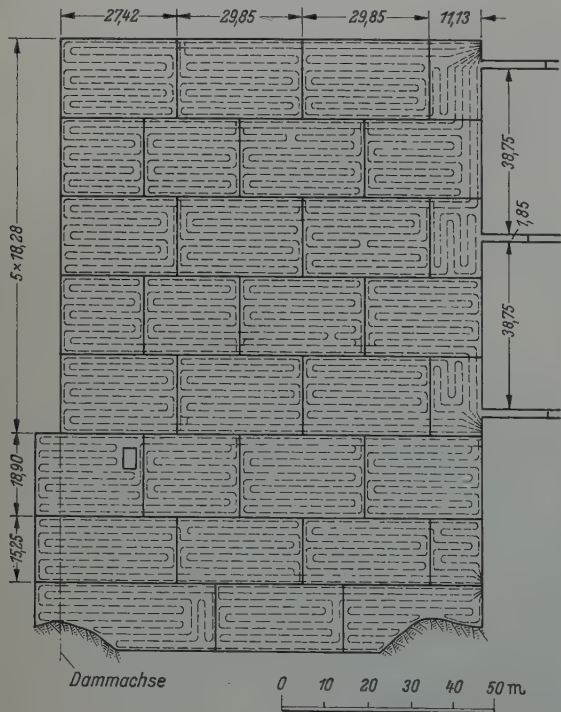


Abb. 17. Kühlsystem des Frischbetons, Teildraufsicht des Dammes, Kote 395,50.

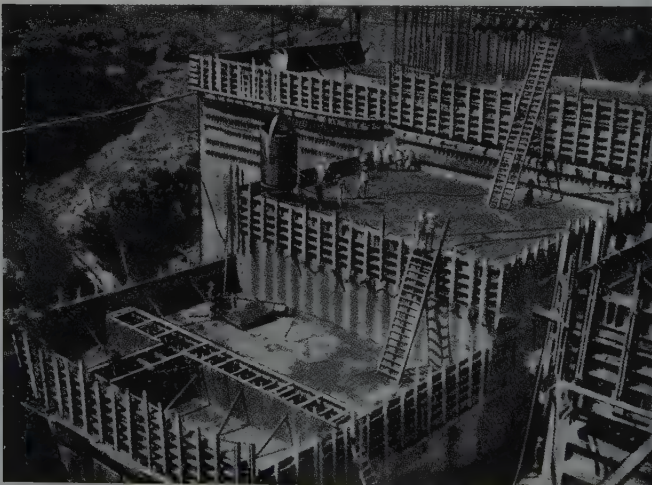


Abb. 19. Die Betonierung erfolgte in 1,8 m hohen Blöcken.

Bei einer 16stündigen Arbeitsleistung für die Zuschlagstoffgewinnung wurde diese mit einer Leistung von 900 t/h ausgelegt. Es wird ausschließlich mit Flußsand und -kies gearbeitet. Die Gewinnungsplätze hierfür — Fatehwal u. Neilla — liegen etwa 2 km voneinander entfernt. Eingehende Voruntersuchungen hatten ergeben, daß 80 % der Zuschlagstoffe von dem am weitesten entfernt liegenden Fatehwal und nur 20 % von Neilla das günstigste Mischungsverhältnis ergeben. Bei Fatehwal mit einem Kiesvorrat von 6 Mio m³ mußte derselbe teilweise einer Tiefe von 8 m entnommen werden. Der Kies gelangt von hier aus über eine 76 cm breite Förderbandanlage nach Neilla. Die Bandanlage nimmt hier die Neilla-Anteile auf und fördert mit 92 cm breiten Bändern über die Sutlej-Brücke zur Baustelle. Die einzelnen Bänder — es sind dies auf der ganzen Länge des etwa 6 km langen Förderweges 12 Bänder — sind natürlich untereinander gekoppelt, so daß bei Ausfall eines Bandes die gesamte Anlage zum Stillstand kommt. Darüber hinaus sind die wichtigsten Knotenpunkte der Anlage telefonisch miteinander verbunden. An der Baustelle gelangt dann das noch ungesiebte Rohmaterial auf einen 25 000 m³ fassenden Vorratshaufen, von dort aus je nach Bedarf in einen mit zwei magnetischen Schließleinrichtungen versehenen Bunker, der die Siebanlage beschickt.

Die unterschiedlichen Siebkurven in den verschiedenen Betonierungsabschnitten machen den Einsatz von drei Kreiselbrechern erforderlich, da gerade bestimmte Zwischengrößen bei den Zuschlagstoffen — besonders aber beim Sand — fehlen. Der Sandbunker ist mit einem speziellen Beschickungsband versehen, auf dem dann je nach Bedarf die fehlenden Bestandteile beigegeben werden. Wie weiter unten erwähnt, soll die Frischbetontemperatur 18° C betragen, es erfolgt daher eine Kühlung des Kieses und Wassers auf 6° C; dabei bedarf dann Sand und Zement keiner besonderen Kühlung.

Der Zement wird auf dem Schienenwege von einer 150 km entfernt liegenden Fabrik in 22 t-Spezialwagen herangebracht, aus denen er in Vorratssilos gepumpt wird. — Die Betonmischanlage ist mit einer Leistung von 242 m³/s (4 Maschinen mit je 3 m³ Inhalt) ausgelegt. Kühl- und Mischanlage arbeiten vollautomatisch und werden von je einem Mann bedient.

4. Betonierung. Die engen Raumverhältnisse an der Baustelle machten sich bei der Wahl des Systems zum Einbringen des Frischbetons besonders unangenehm bemerkbar, zumal sich bei der Höhe des Dammes die Gründungsfuge einschließlich Krafthaus und Sturzbett immerhin über eine Breite von etwa 400 m erstreckt. Ein Kabelkran, für den entsprechende Laufschienen an den Steilhängen schwerlich unterzubringen waren, schied daher von vornherein aus. So wählte man das Gerüstsystem mit weit auskragenden Portal-Drehkränen.

Im ersten Stadium betonierte man auf zwei Hauptgerüsten, die im Abstand von 41 und 140 m parallel zur Dammachse verliefen und deren Schienenoberkante noch etwa 100 m unter der Dammkrone lag, den unteren Teil des Dammes und das Krafthaus. Ein Hilfsgerüst senkrecht zur Dammachse betonierte Schußrinne und Tosbecken. — Im zweiten Stadium verblieb nur noch das zuerst genannte Gerüst, das jedoch um 70 m erhöht wurde. Die Gerüststützen verblieben im Beton, insgesamt wurden für die Gerüstkonstruktionen 5500 t Stahl aufgewandt. Der zweistufige Gerüstbau erforderte auch eine Verlagerung der Mischanlage von Kote + 414 auf + 480. Der Transport des Frischbetons erfolgt in 3 m³-Kübeln, von denen jeweils 4 auf einem dieselelektrischen Wagen befördert werden. Auf den Gerüsten liefen zeitweilig 5 Drehkräne, die auf 18 m hohen Portalen montiert sind. Krantragfähigkeit bei einer Ausladung von 45 m 11,5 t und mittels Hilfsausleger bei einem Radius von 53 m 7 t. — Für die Schalung wird hauptsächlich Stahl verwandt, nur bei besonderer Formgebung Holz.



Abb. 20. Die Förderbandbrücke über den Sutlej für die Zuschlagstoffe.

Im Hinblick auf die Größe des Dammes mit seinen 4,1 Mill. m³ einzubringender Betonmenge und auf die Forderung der Regierung, das Projekt in die oberste Dringlichkeitsstufe einzureihen, setzte man eine Betonie-



Abb. 21. Die oberen Tiefauslässe sind betonierte. Gerüsthöhe des aufgestockten Gerüsts immer noch etwa 30 m unter der Dammkrone. Mai 1959.

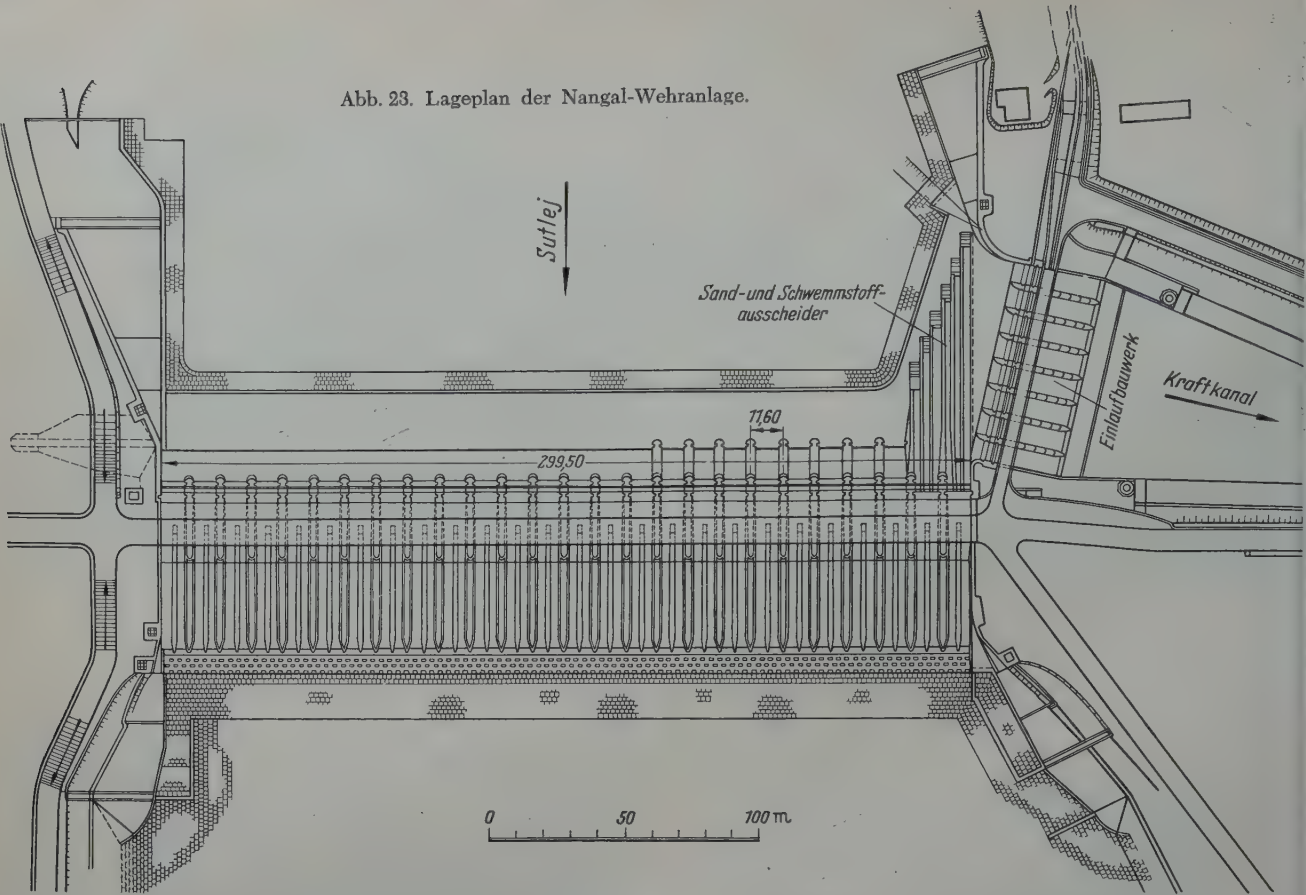
ungsleistung von 3800 m³ pro Tag fest. Die anfangs geplante Betonierungshöhe von 1,5 m (amerikanische Standardhöhe zu 5') wurde auf 1,8 m erhöht. Für das Einbringen und die Temperaturkontrolle des Betons standen zwei Verfahren zur Auswahl:

1. Temperatur des Frischbetons 18° C, Längsfugen im Abstand von etwa 30 m, künstliche Kühlung mittels einbetonierter



Abb. 22. Das Einbringen von 4 Mill. m³ Beton erforderten eine 24stündige Arbeitszeit.

Abb. 23. Lageplan der Nangal-Wehranlage.



Rohre bei einer Temperaturgarantie von 18° C, nachträgliches Vergießen der Fugen.

2. Temperatur des Frischbetons nicht über 10° C, keine weiteren Kühlmaßnahmen im Damm, lediglich normaler Oberflächenschutz gegen direkte Sonneneinstrahlung, keine Längsfugen.

Versuche hatten ergeben, daß die Betontemperatur bei dem letztgenannten Verfahren infolge der zeitweilig ungewöhnlich hohen Außentemperaturen (max. 49° C) bis 32° C ansteigen kann. Im Hinblick darauf wurde der Vorschlag 1 mit dem künstlichen Kühlsystem im Damm gewählt, wobei das Vergießen der Fugen mittels einbetonierter Rohre vorgenommen wird. Die Verguß- wie

auch die Kühlleitungen werden von der Unterwasserseite her gespeist.

Die Betonfestigkeiten betragen für Masseng Beton 178 und für Stahlbeton 245 kg/cm², der Wasser-Zement-Faktor bewegt sich zwischen 0,4 und 0,55.

3. Die Wehranlage bei Nangal

Das Nangal-Wehr, 13 km unterhalb Bhakra, bildet mit seinem Staubecken von 30 Mill. m³ den Vorspeicher für den von dort beginnenden Nangal-Kraftkanal, der in seinem weiteren Verlauf das große Bewässerungsnetz speist. Obwohl — wie oben angeführt — nach Fertigstellung des

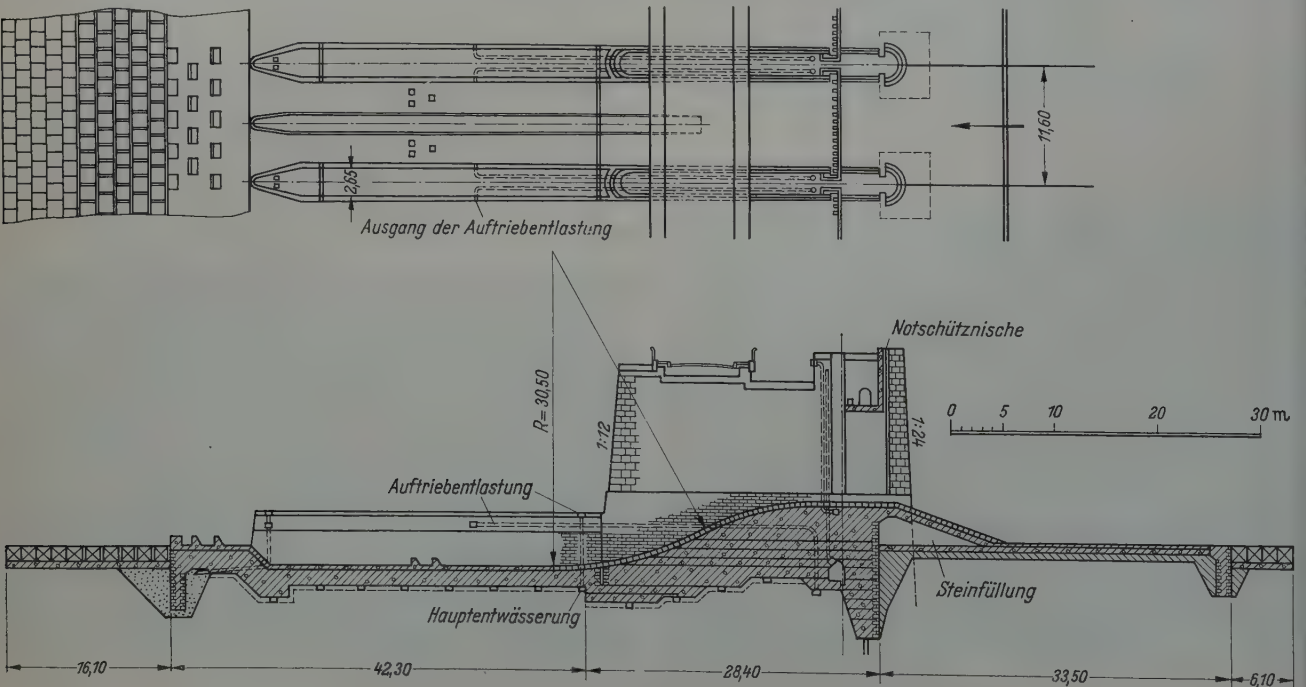


Abb. 24. Nangal-Wehr, Querschnitt und Draufsicht.

Bhakra-Dammes für Nangal nur mit einer Flutwassermenge von 8000 m³ zu rechnen sein wird, mußte das Wehr, da es 1946 bereits begonnen und 1951 — also etwa 10 Jahre vor der Bhakra-Inbetriebnahme — fertiggestellt war, für eine bedeutend größere Flutwassermenge ausgebaut werden. Man wählte 10 000 m³/s, eine Flut, die bei der ersten Inbetriebnahme — also im Monsum 51 — auch fast erreicht wurde.

Die Anlage besteht aus 26 Öffnungen zu je 9,1 m Länge bei einer Durchflußhöhe von 8,5 m. Über der Durchflußöffnung, die selbst ein Doppelschütz (2 Stoney-Tafeln) abschließt, ist noch eine Betonschürze von 6 m Höhe angeordnet.

Umfangreiche Bohrungen hatten ergeben, daß ein gesundes Gesteinskonglomerat mit Sandschichten ansteht, jedoch war Lage, Stärke und Beschaffenheit des Gesteins von so unterschiedlichem Ausmaß, daß man für den Entwurf der Wehranlage einfache Sandgründung angenommen hatte. Der bei Sandgründungen wegen Sickerweg-Verlängerung meist erforderliche Spundwandgürtel mußte infolge des anstehenden Gesteins durch einen Massivkern ersetzt werden. Ein solcher befindet sich oberhalb des Vorbodens, ein zweiter direkt unter der Dammachse und schließlich ein dritter unter dem Tosbecken.

Das Tosbecken selbst zeigt die bei indischen Wehranlagen häufig anzutreffende Form der bis zum Ende des Beckens verlängerten terrassenförmig abgestuften Hauptpfeiler, eine Maßnahme, die infolge des Eigengewichtes der Pfeiler zur Verminderung des Tosbeckenauflages dient. Ein in dem Tosbecken angeordneter Zwischenpfeiler dient dem gleichen Zweck, er vermindert darüber hinaus noch die Biegemomente in der Tosbeckenplatte, so daß diese ohne jegliche Armierung ausgeführt werden kann.

Vom Besichtigungsgang im Betonkern der Wehrsohle führen im Abstand von 3 m Entwässerungsröhre bis zur Gründungssohle. Je ein Pumpensumpf an den Enden des Besichtigungsganges ermöglichen ein Zurückpumpen des Sickerwassers nach Oberstrom, darüber hinaus sind im Abstand von 1,50 m Injektionslöcher vorgesehen, die etwa 1,3 m tief in das Gründungsgestein reichen und beim Auftreten besonders großer Undichtigkeiten vergossen werden sollen. In einigen Pfeilern befinden sich bis auf die Gründungssohle reichende Beobachtungslöcher zur Überwachung des Auftriebes.

Besonderer Erwähnung bedarf vielleicht noch der Sand- und Schwemmstoffausscheider vor dem Einlaufwehr zum Kraftkanal. Diese Ausscheider sind allgemein üblich bei indischen Wehranlagen, die der Stauhaltung von Kanaleinlaufbauwerken dienen, da infolge der oft schweren Monsunregen die indischen Flüsse für unsere Begriffe ungewöhnlich viel Geschiebe mit sich führen, die sich bei dem geringen Gefälle künstlicher Kanäle dort sofort absetzen und somit ständige Räumarbeiten erfordern würden. Man ordnet daher die Einlaufbauwerke dicht neben dem Stauwehr an. Die erste oder die beiden ersten Öffnungen des Stauwehres erhalten eine tiefere Sohle als die übrigen Öffnungen. Vor diese Öffnung wird in etwa 1/3 der Stauhöhe eine horizontale Stahlbetondecke gesetzt, die auf vorgezogenen Pfeilern ruht. In der Decke befinden sich zahlreiche Öffnungen, durch die bei teilweise geöffnetem Hauptschütz infolge der verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten über und unter der Decke der Hauptanteil des Geschiebes in den unteren Raum gelangt und von dort durch das Hauptwehr nach Unterstrom befördert wird. Die Sohle des Einlaufbauwerkes liegt im allgemeinen etwa 1—1,5 m über der horizontalen Decke.

Der Bau der Anlage wurde in mehreren Abschnitten durchgeführt, bei denen jeweils an einer Flußhälfte, die durch einen Kofferdamm geschützt war, gearbeitet wurde. Die ersten Arbeiten begannen linksseitig im Dezember 1946 und nahmen einen ähnlichen Verlauf wie im Falle Tungabhadra (s. Bauingenieur 1960 Heft 2), d. h. die politischen Unruhen nach der indischen Unabhängigkeit,

die Kämpfe zwischen Hindus und Mohammedanern brachten die Arbeiten sehr bald zum Erliegen, es führte dies zur völligen Zerstörung der linksseitigen Baugrube und zum Verlust wertvoller Maschinen. Erst im Jahre 1948 wurden die Arbeiten wieder aufgenommen. Sohle und Tosbecken der linken Öffnung waren dann im März 1949 so weit fertiggestellt, daß nach dem Monsun 1949 der Kofferdamm und die ersten Arbeiten in der rechten Hälfte in Angriff genommen werden konnten. Vor Beginn des Monsuns 1950 waren dann Sohle und Tosbecken auch rechts fertiggestellt, so daß zur Abführung des Hochwassers wieder geflutet werden konnte, nach dessen Rückgang dann im dritten und vierten Bauabschnitt sämtliche Pfeiler hochgezogen wurden, wobei wiederum rechts und links Kofferdämme errichtet werden mußten. Im September 1951 war man dann mit den Pfeilern so weit, daß ein Hochwasser von 9000 m³/s die Anlage sicher passieren konnte.

4. Der Nangal-Kanal

Dieser Kanal mit einer Länge von 64 km und einer Wasserführung von 357 m³/s läuft durch außerordentlich schwieriges Gelände. Bei der Überquerung einiger Nebenflüsse des Sutlej waren 55 Kunstbauten (Düker und Aquädukte) zu errichten. Das gesamte Kanalbett wurde mit Beton ausgekleidet, es führen 34 Straßen- und Eisenbahnbrücken über den Kanal. Sein Gefälle beträgt 1 : 10 000.

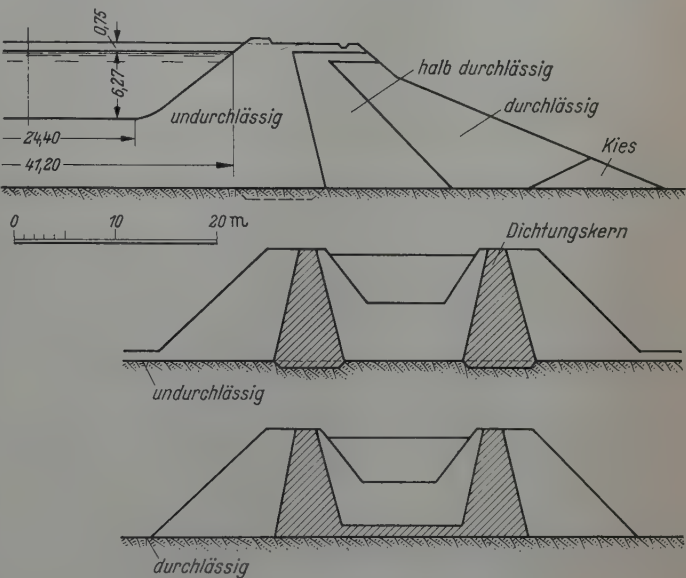


Abb. 25. Einige Kanalquerschnitte.

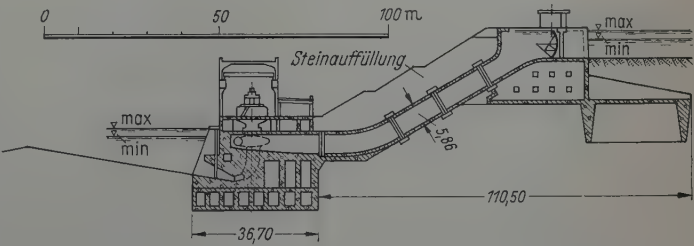


Abb. 26. Querschnitt durch das Kanalkrafthaus mit Einlaufbauwerk. Wegen der schlechten Bodenverhältnisse mußte das Krafthaus auf einen Betonrost und die Rohrleitung auf ein Betonbett gesetzt werden.

Gerade die Schwierigkeit des Geländes ermöglichte es, im Zuge des Kanals, der eigentlich ein Bewässerungsnetz speist, zwei Kraftstufen auszunutzen; es sind dies die beiden Krafthäuser bei Ganguwal (km 19) und Kotla (km 25). Jedes Krafthaus sieht den Einbau von 3 Einheiten zu je 24 000 kW vor, von denen zunächst je 2 installiert wurden. Ein Umleitungskanal um jedes Krafthaus sorgt dafür, daß beim plötzlichen Abschalten der Turbinen die Wasserführung des Kanals gesichert bleibt. Die Energieumwandlung in dem Umleitungskanal für einen bei beiden Krafthäusern

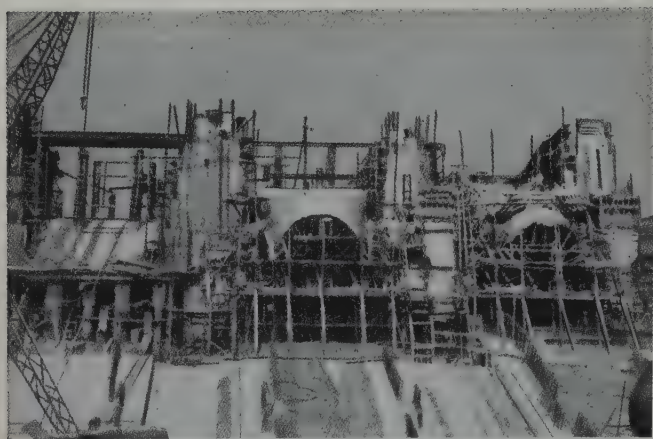


Abb. 27. Eines der Krafthäuser am Kraftkanal. Betonierung der Krafthauseinläufe.

gleich großen Wassersprung von 28 m bewirken drei hintereinander angeordnete Kaskaden. Drei mittels Schwimmersteuerung automatisch angetriebene Segmentschütze geben je nach Ansteigen des Wasserspiegels den Zulauf zum Umleitungskanal frei. Von dem Krafthauseinlauf mit ebenfalls drei Segmentschützen führen drei Druckrohrleitungen (6 m ϕ), die der schlechten Bodenverhältnisse wegen in einem durchgehenden Betonbett verlegt werden mußten, zu den Turbinen. Auch die Gründung der Krafthäuser gestaltete sich sehr schwierig, da ein mit Tonschichten durchzogener Sand anstand. So mußten die Fundamente im Falle Ganguwal bis auf eine Tiefe von 20 m und bei Kotla bis auf 27 m unter dem Grundwasserspiegel geführt werden.

Zur Versorgung der Unterlieger am Sutlej und zur Speisung eines alten Bewässerungssystems weiter unterhalb am Sutlej werden nach dem Passieren beider Kraftstufen gewisse Bedarfswassermengen über zwei Verbindungskanäle dem alten Flußbett wieder zurückgegeben.

Das an den Kanal anschließende Bewässerungsnetz in einer Gesamtlänge von etwa 4700 km einschließlich aller Verteiler stellt mit einer Nutzfläche von 26 000 km² das weitaus größte zusammenhängende Netz Indiens dar. Auch hier waren zahlreiche Kunstbauten erforderlich, es sind dies 48 Wasserlaufkreuzungen, 250 Straßen- und 17 Eisenbahnbrücken.

5. Baukosten

Die Baukosten zeigen etwa folgendes Bild:

Bhakra-Damm	580 Mill. DM
Bhakra-Krafthaus	82 Mill. DM
Nangal-Wehr	34 Mill. DM
Nangal-Kraftkanal	105 Mill. DM
Kanalkrafthäuser Ganguwal und Kotla	133 Mill. DM
Bewässerungskanäle	330 Mill. DM
Überlandleitungsnetz	146 Mill. DM
insgesamt	1410 Mill. DM

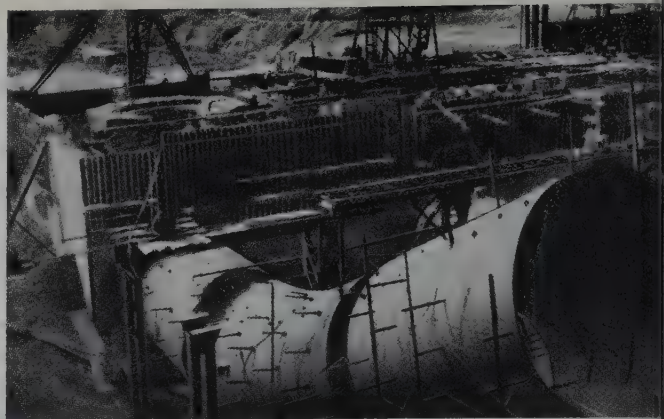


Abb. 28. Montage der Druckrohrleitungen an einem der Kanalkrafthäuser.

6. Ein nicht alltägliches Baustellenunglück

Ein solches ereignete sich am Bhakra-Damm im August 1959, als man bereits bis zur Kote 445 gestaut hatte, das Reservoir also bereits eine Tiefe von etwa 110 m aufwies.

Infolge eines bisher noch ungeklärten Fehlers im Windwerksfluß der Regulierschütze im rechten Umleitungstunnel brach plötzlich Wasser unter einem Druck von 90 m in die Windwerkskammer ein. Die Kammer hatte Verbindung mit der Kabelgalerie im Damm (s. Abb. 4), die ihrerseits im linken Krafthaus endet. So war innerhalb einiger Minuten das Krafthaus mit 3 teilweise installierten Turbinen und Generatoren unter Wasser gesetzt. Die Turbinenauslaufschütze wurden infolge des ansteigenden Innendruckes im Krafthaus sehr bald aus ihren Führungen gerissen, und es stellte sich ein dauernder Wasserabfluß von etwa 290 m³/s.

Erst nach 5 Wochen kam der Wasserbruch zum Stillstand, als es gelang, die Kabelgalerie im Damm mit einem besonders hierfür angefertigten Schütz abzuschließen. Der erste Versuch dieser Art mißlang, da das zuerst 25 t wiegende Schütz vom Wasserstrom aus seinen Führungen gerissen wurde. — Die zweite Phase der Instandsetzungsarbeiten bestand im Wiedereinsetzen der Turbinenauslaufschütze, eine Arbeit, die in 15 m Wassertiefe nur mit Hilfe von Spezialtauchern der indischen Marine auch nach anfänglichen Fehlschlägen erst Ende Oktober 1959 zum Ziel führte.

Die dritte Phase, das Auspumpen des Krafthauses, war zur Zeit des Abschlusses dieses Berichtes immer noch nicht beendet, so daß der gesamte Schaden nur schätzungsweise mit 5 Mill. DM im Augenblick angegeben werden kann. — Die vierte Phase — nämlich das Abdichten des Tunnel-einlaufs — ist zur Stunde ebenfalls noch nicht abgeschlossen, da hier infolge des hohen Wasserdrucks die anfangs dazu hergestellten Betonblöcke im Gewicht von 10 t gewissen Zerstörungen unterworfen waren, so daß besonders geeignete Mischungsverhältnisse erst erprobt werden mußten.

Die hydrostatisch belastete Platte beliebiger Form mit einem freien Rand in der Wasserspiegel-Ebene

Von Hochschuldozent Dr. Dipl.-Ing. Fritz Czerny, Wien

DK 624.073.122/.124 : 624.075.4 : 624.04 : 532.1

Für viele in der Praxis wichtige und häufig vorkommende Fälle wird ein Berechnungsverfahren vorgelegt, bei dem eine numerische Lösung dadurch erhalten wird, daß man zur Lösung für die Rechteckplatte geeignete biharmonische Funktionen überlagert.

Die Schriftleitung

Einleitung

Im Abschnitt 1 wird eine lotrechte Rechteckplatte (z. B. eine Behälterwand) untersucht, die am oberen Rand vollkommen frei und an den drei übrigen Rändern starr eingespannt ist. Die Querbewehrung der Platte ist in Richtung

der Plattenbreite gleichmäßig verteilt und nimmt in Richtung der Plattenhöhe von unten nach oben linear bis auf Null ab. Eine derartige Querbewehrung tritt in der Praxis als Folge eines Schüttgut-, Erd- oder Wasserdruckes auf und wird im weiteren kurz als „hydrostatische“ Belastung bezeichnet, wobei immer angenommen wird, daß der Wasserspiegel in der Höhe des freien Plattenrandes liegt. Die Platte hat eine gleichbleibende Dicke und die Untersuchung erfolgt im Rahmen der Kirchhoffschen Theorie; auf den Einfluß der Querdehnungszahl μ (der im Hinblick auf den freien Rand beachtlich sein kann) wird Rücksicht genom-

nen. Die erhaltene Lösung bildet die Grundlage für die Berechnung der hydrostatisch belasteten Platten von nicht rechteckiger Form. Auch bei diesen wird angenommen, daß der freie Rand in der Höhe des Wasserspiegels liegt, und auch diese Platten können in der Praxis als Behälter- oder Silowände, als Abschlußwände von Gerinnen oder als Zwischenwände von Pfeiler-Stützmauern vorkommen.

Die Biegefläche der hydrostatisch belasteten, nicht rechteckigen Platte wird in der Form $w = w^* + w^{**}$ aus der für die hydrostatisch belastete Rechteckplatte gewonnenen Lösung w^* und einer biharmonischen Funktionsfolge w^{**} mit z frei verfügbaren Beiwerten zusammengesetzt; diese Beiwerte dienen zur punktweisen Erfüllung der Randbedingungen an den übrigen Rändern der nicht rechteckigen Platte. Diese im Abschnitt 2 geschilderte Überlagerungsfunktion besteht aus z biharmonischen Einzelfunktionen (Lösungen der homogenen Plattengleichung $\Delta \Delta w^{**} = 0$), die alle am oberen, in der Wasserspiegel-Ebene liegenden Rand die beiden dort geltenden Randbedingungen des freien Randes erfüllen. Die Grundlösung w^* , die sich auf eine Rechteckplatte der Breite a und der Höhe h bezieht, wird in kartesischen Koordinaten x, y angeschrieben, wobei der Ursprung O_1 in der Mitte des unteren Randes dieser Rechteckplatte liegt und die y -Achse mit der Symmetrie-Achse zusammenfällt (Abb. 1); der obere freie Rand stimmt demnach mit der Koordinatenlinie $y = h$ überein. Die Überlagerungsfunktion w^{**} nimmt auf ein Polarkoordinatensystem r, φ mit dem Ursprung O_2 in der Mitte des freien Randes Bezug; die Koordinatenlinie $\varphi = 0$ deckt sich mit der y -Achse und die Koordinatenlinie $\varphi = \pm 90^\circ$ fällt mit dem freien Rand zusammen (Abb. 1). Daß die Biegefläche w^* in kartesischen

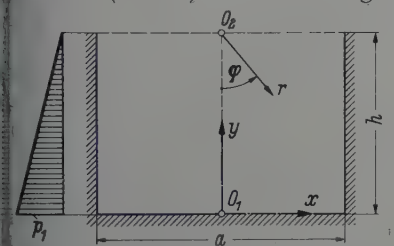


Abb. 1. Die an drei Rändern starr eingespannte und am vierten Rand freie hydrostatisch belastete Rechteckplatte.

koordinaten und die Biegefläche w^{**} in Polarkoordinaten angeschrieben wird, ist für das Endergebnis ohne Belang, da wir die gewonnene Lösung in Form der Zustandslinien für die baupraktisch interessierenden Stütz- und Schnittgrößen darstellen.

Der zur Anwendung gelangende Ansatz $w^{**}(r, \varphi)$ ist von H. Muggenburg [1] zur Lösung ähnlicher Aufgaben im Institut für Mechanik der Technischen Hochschule Aachen (Prof. Schultz-Grunow) eingeführt worden und liefert eine beliebige Zahl von Einzelfunktionen in einfacher und übersichtlicher Form.

Die Anregung, diesen Muggenburgschen Ansatz zur Gewinnung der Lösung für nicht rechteckige Platten aus der für die Rechteckplatte geltenden Lösung zu verwenden, um so systematisch zu Bemessungsunterlagen für die durch einen freien Rand gekennzeichneten nicht rechteckigen Platten zu gelangen, verdanke ich dem erst vor kurzem verstorbenen Herrn Prof. Chwalla von der Technischen Hochschule Graz. Was das Verfahren betrifft, dachte Prof. Chwalla im Fall einer großen Zahl von Randpunkten wie sie etwa bei der Untersuchung schiefer Platten mit zwei freien Rändern notwendig wird) an den Einsatz des Rechenautomaten, und was das Untersuchungsziel betrifft, auch an die Gewinnung von Unterlagen zur Beurteilung der Biegespannungsfelder dünner Gewölbestaumauern in verschiedenen Talquerschnitten. In der vorliegenden vorläufigen Mitteilung wird der Rechnungsgang an Hand von zwei einfachen Beispielen dargelegt. Das erste, im Abschnitt 3 untersuchte Beispiel betrifft die hydrostatisch belastete Halbkreisplatte mit freiem geraden Rand und starr eingespanntem Halbkreisrand; die Einflußflächen einer solchen Platte sind von Muggenburg [1] entwickelt worden. Das zweite, im Abschnitt 4

behandelte Beispiel bezieht sich auf eine hydrostatisch belastete Dreieckplatte mit einem freien und zwei starr eingespannten Rändern; für eine Dreieckplatte anderer Form hat Scherer [2] die Einflußflächen ermittelt. In beiden Beispielen kommt man im Hinblick auf die Symmetrie mit einer geringen Zahl von Randpunkten aus, so daß wir hier des Rechenautomaten nicht bedürfen. Über die Endergebnisse der Untersuchung nicht rechteckiger, gleichmäßig vollbelasteter Platten mit einem freien Rand (z. B. nicht rechteckiger Balkonplatten) und der Untersuchung nicht rechteckiger Platten mit beliebigen Lagerungsbedingungen am nichtfreien Rand soll in späteren Arbeiten berichtet werden.

1. Die hydrostatisch belastete Rechteckplatte mit einem freien Rand in der Wasserspiegel-Ebene und drei starr eingespannten Rändern

Das in der Überschrift genannte Problem ist unter Vernachlässigung des Einflusses der Querdehnung von Goriupp [3] und von Bittner [4] gelöst worden. Wir knüpfen an die letztgenannte Lösung an und erweitern sie durch Berücksichtigung der Querdehnungszahl μ . Bittner geht

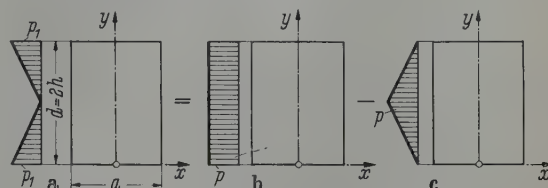


Abb. 2. Die an allen vier Rändern frei drehbar (einspannungsfrei) gelagerte Rechteckplatte mit a) Doppeldreiecklast; b) gleichmäßiger Vollbelastung; c) Dachlast.

bei seiner Untersuchung von der Lösung aus, die Timoshenko [5] für eine an allen vier Rändern einspannungsfrei gelagerte Rechteckplatte mit der in Abb. 2a angegebenen Querverlastung gefunden hat. Man gelangt zu dieser Lösung, indem man vorerst die Lösung für die gleichmäßig vollbelastete Platte (Abb. 2b) bestimmt [6] und hiervon die Lösung für die in Abb. 2c dargestellte Dreieckbelastung abzieht; die Plattenhöhe bezeichnen wir hierbei mit $d = 2 \cdot h$. Die Gleichung für die Biegefläche $w_0(x, y)$ der in Abb. 2a gezeichneten, an allen vier Rändern einspannungsfrei gelagerten Rechteckplatte lautet mit der Plattensteifigkeit K

$$w_0 = \frac{p_1 \cdot a^4}{K} \cdot \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{a} \sin \frac{n \cdot \pi}{2} \cdot \frac{2}{n^5 \cdot \pi^5} \cdot \left\{ 2 \cdot \left(1 - \frac{y}{h} \right) + \frac{1}{\cosh \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} \cdot \left[\left(-2 - \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \cdot \operatorname{tgh} \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \right) \cdot \cosh \frac{n \cdot \pi \cdot (h-y)}{a} + \frac{n \cdot \pi \cdot (h-y)}{a} \cdot \sinh \frac{n \cdot \pi \cdot (h-y)}{a} + \left(3 + \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \cdot \operatorname{tgh} \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \right) \cdot \sinh \frac{n \cdot \pi \cdot y}{a} - \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \cdot \cosh \frac{n \cdot \pi \cdot y}{a} \right] \right\} - \frac{y}{h} \cdot \cosh \frac{n \cdot \pi \cdot y}{a} \quad (1)$$

und erfüllt längs der Koordinatenlinie $y = d/2 = h$ (also in der waagrechten Symmetralen) die Bedingung des Verschwindens der Querkraft, die wir der in Abb. 1 gezeichneten Platte als eine der beiden Randbedingungen des freien Randes zuzuordnen haben. Der Lösung (1) werden nun drei biharmonische Funktionen (Lösungen der homogenen Plattengleichung $\Delta \Delta w = 0$) überlagert, um die Verdrehungen an den Rändern $x = \pm a/2$ und am Rand $y = 0$ auf Null zurückzuführen (wie es der starren Einspannung in Abb. 1 entspricht) und um am Rand $y = h$ das Biegemoment auszulöschen (wie es in Abb. 1 dem freien Rand entspricht).

Wir erhalten für den Momentenangriff

$$M_{x(x=\pm a/2)} = \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} F_m \cdot \sin \frac{m \cdot \pi \cdot y}{d}, \quad (2)$$

nach Abb. 3a die Biegefläche

$$w_{M_x} = \frac{d^3}{2 \pi^2 \cdot K} \cdot \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} F_m \frac{\sin \frac{m \cdot \pi \cdot y}{d}}{m^2 \cdot \cosh \frac{m \cdot \pi \cdot d}{2d}} \cdot \left(\frac{m \cdot \pi \cdot a}{2d} \cdot \operatorname{tgh} \frac{m \cdot \pi \cdot a}{2d} \cdot \cosh \frac{m \cdot \pi \cdot x}{d} - \frac{m \cdot \pi \cdot x}{d} \cdot \sinh \frac{m \cdot \pi \cdot x}{d} \right), \quad (3)$$

für den Momentenangriff

$$M_{y(y=\pm d/2)} = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} E_n \cdot \cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{a} \cdot \sin \frac{n \cdot \pi}{2}, \quad (4)$$

nach Abb. 3b die Biegefläche

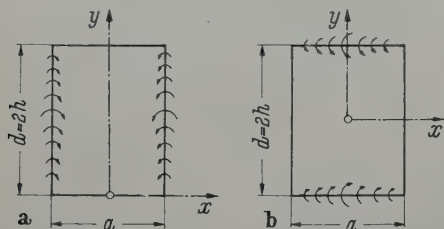


Abb. 3. Die an allen vier Rändern frei drehbar gelagerte Rechteckplatte mit Randmomentenangriff: a) an den Rändern $x = \pm a/2$; b) an den Rändern $y = \pm d/2 = \pm h$.

$$F_m \cdot \left[\left(\frac{m \cdot \pi \cdot a}{2h} \cdot \operatorname{ctgh} \frac{m \cdot \pi \cdot a}{2h} - 1 \right) + \left(\operatorname{ctgh} \frac{m \cdot \pi \cdot a}{2h} - \frac{m \cdot \pi \cdot a}{2h} \cdot \frac{1}{\sinh^2 \frac{m \cdot \pi \cdot a}{2h}} \right) \right] + \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} (-\cos n \cdot \pi) \cdot E_n \cdot \frac{4 \cdot \frac{a}{n \cdot h}}{\pi \cdot \left(\frac{2n \cdot h}{m \cdot a} + \frac{m \cdot a}{2n \cdot h} \right)^2} -$$

$$- \sin \frac{n \cdot \pi}{2} \cdot \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} (-\cos n \cdot \pi) \cdot M_{h_n} \cdot \frac{4m \cdot a^2 \cdot \left[1 + \mu \cdot \left(\frac{2n \cdot h}{m \cdot a} \right)^2 \right]}{(1-\mu) \cdot \pi \cdot n^2 \cdot h^2 \cdot \left(\frac{2n \cdot h}{m \cdot a} + \frac{m \cdot a}{2n \cdot h} \right)^2 \cdot \left[(3+\mu) \cdot \operatorname{tgh} \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} + (1-\mu) \cdot \frac{n \cdot \pi \cdot h}{\cosh^2 \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} \right]} +$$

$$+ p_1 \cdot a^2 \cdot \frac{16 \left(\frac{h}{a} \right)^2}{m^3 \cdot \pi^3} \cdot \left[\left(1 - \frac{\sin \frac{m \cdot \pi}{2}}{\frac{m \cdot \pi}{2}} \right) \cdot \left(\operatorname{tgh} \frac{m \cdot \pi \cdot a}{4h} - \frac{m \cdot \pi \cdot a}{4h} \cdot \frac{1}{\cosh^2 \frac{m \cdot \pi \cdot a}{4h}} \right) \right] \cdot \sin^2 \frac{m \cdot \pi}{2} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial w}{\partial y} = 0 \text{ am Rand } y = 0$$

$$\sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} F_m (1 - \cos n \cdot \pi) \cdot \frac{2h}{m \cdot a} \cdot \frac{4}{\pi \cdot \left(\frac{2n \cdot h}{m \cdot a} + \frac{m \cdot a}{2n \cdot h} \right)^2} + M_{h_n} \cdot 2 \cdot \frac{\left(\frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \cdot \operatorname{tgh} \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} - 1 - \frac{1+\mu}{1-\mu} \right)}{\left[(3+\mu) \cdot \sinh \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} + (1-\mu) \cdot \frac{n \cdot \pi \cdot h}{\cosh \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} \right]} +$$

$$+ E_n \cdot \left(\operatorname{tgh} \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} + \frac{n \cdot \pi \cdot h}{\cosh^2 \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} \right) + p_1 \cdot a^2 \cdot \frac{4}{n^3 \cdot \pi^3} \cdot \left[\operatorname{tgh} \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} + \frac{\sin \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \cdot \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}}{\cosh^2 \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} - \frac{2}{n \cdot \pi \cdot h} \cdot \left(1 - \frac{1}{\cosh \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} \right) \right] \sin^2 \frac{n \cdot \pi}{2} = 0$$

und $M_y = 0$ am Rand $y = d/2 \equiv h$

$$M_{h_n} + E_n \cdot \left[\frac{1 - (1-\mu) \cdot \frac{n \cdot \pi \cdot h}{2a} \cdot \operatorname{tgh} \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}}{\cosh \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} \right] + \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{2 F_m \cdot (1 - \cos n \cdot \pi) \cdot \sin \frac{n \cdot \pi}{2}}{n \cdot \pi \cdot \left(\frac{2n \cdot h}{m \cdot a} + \frac{m \cdot a}{2n \cdot h} \right)^2} +$$

$$+ \mu \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} F_m \cdot (1 - \cos n \cdot \pi) \cdot \sin \frac{m \cdot \pi}{2} \cdot \left\{ \frac{2}{n \cdot \pi \cdot \left[1 + \left(\frac{m \cdot a}{2n \cdot h} \right)^2 \right]} - \frac{2}{n \cdot \pi \cdot \left(\frac{2n \cdot h}{m \cdot a} + \frac{m \cdot a}{2n \cdot h} \right)^2} \right\} +$$

$$+ p_1 \cdot a^2 \cdot \frac{2}{n^3 \cdot \pi^3} \cdot \left[(1-\mu) \cdot \left(\frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \cdot \operatorname{tgh} \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} - \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} + \frac{1}{\cosh^2 \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} \right) + 2\mu \cdot \left(\frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} - \frac{1}{\cosh \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} \right) \right] \cdot \sin^2 \frac{n \cdot \pi}{2} = 0 \quad (10)$$

$$w_{M_y} = \frac{a^2}{2 \pi^2 \cdot K} \cdot \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} E_n \cdot \frac{\cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{a} \cdot \sin \frac{n \cdot \pi}{2}}{n^2 \cdot \cosh \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} \cdot \left(\frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \cdot \operatorname{tgh} \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \cdot \cosh \frac{n \cdot \pi \cdot y}{a} - \frac{n \cdot \pi \cdot y}{a} \cdot \sinh \frac{n \cdot \pi \cdot y}{a} \right) \quad (5)$$

und für den Momentenangriff

$$M_{y_h(y=h)} = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} M_{h_n} \cdot \cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{a} \cdot \sin \frac{n \cdot \pi}{2}, \quad (6)$$

nach Abb. 4 die Biegefläche

$$w_{M_{y_h}} = \frac{a^2}{\pi^2 \cdot K} \cdot \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \left\{ \left(\frac{1+\mu}{1-\mu} + \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \cdot \operatorname{tgh} \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} \right) \cdot \sinh \frac{n \cdot \pi \cdot y}{a} - \frac{n \cdot \pi \cdot y}{a} \cdot \cosh \frac{n \cdot \pi \cdot y}{a} \right. \\ \left. \cdot \left[(3+\mu) \cdot \sinh \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a} + (1-\mu) \cdot \frac{n \cdot \pi \cdot h}{\cosh \frac{n \cdot \pi \cdot h}{a}} \right] \right. \\ \left. \cdot \cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{a} \cdot \sin \frac{n \cdot \pi}{2} \right\} \quad (7)$$

Mit den für die an drei Rändern starr eingespannte und am vierten Rand freie, hydrostatisch belastete Rechteckplatte (Abb. 5) erforderlichen Randbedingungen

$$\frac{\partial w}{\partial x} = 0 \text{ an den Rändern } x = \pm a/2$$

erhält man aus einem linearen Gleichungssystem für $n = 1, 3, 5 \dots$ und $m = 1, 3, 5 \dots$ die einzelnen Konstanten E_n , F_m und M_{hn} für die zugehörigen Randmomenten-angriffe.

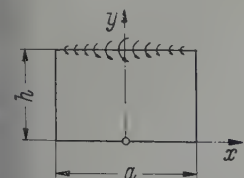


Abb. 4. Die an drei Rändern frei drehbar gelagerte Rechteckplatte mit Randmomentenangriff am gestützten Querrand.

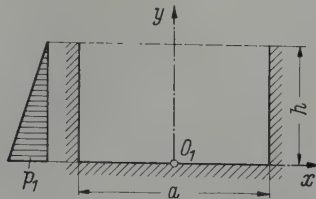


Abb. 5. Die an drei Rändern starr eingespannte und am vierten Rand freie hydrostatisch belastete Rechteckplatte.

Die Überlagerung der Grundlösung w_0 mit den Ergänzungslösungen w_{M_x} , w_{M_y} und $w_{M_{y_h}}$ für die einzelnen Randmomentenangriffe liefert schließlich die Lösung $w^* = w_0 + w_{M_x} + w_{M_y} + w_{M_{y_h}}$, welche die Berechnung der Durchbiegung und Schnittgrößen in jedem beliebigen Punkt der hydrostatisch belasteten, an drei Rändern starr eingespannten und am vierten Rand freien Rechteckplatte auch mit Berücksichtigung der Querdehnungszahl gestattet.

Die gleichmäßig vollbelastete Rechteckplatte dieses Lagerungsfalles kann auf die gleiche Weise berechnet werden; Tafeln mit Durchbiegungswerten und maximalen Schnittgrößen für beide Belastungsarten befinden sich derzeit in Ausarbeitung und werden demnächst veröffentlicht [7].

2. Die verwendete biharmonische Funktionenfolge

Die im Abschnitt 1 gewonnene Lösung für die hydrostatisch belastete Rechteckplatte mit einem freien Rand in der Wasserspiegel-Ebene und drei starr eingespannten Rändern dient, wie wir einleitend schon geschildert haben, als Grundlösung zum Aufbau der Lösung für die hydrostatisch belasteten Platten von nicht rechteckiger Form. Der Grundlösung w^* wird eine biharmonische Funktion w^{**} überlagert, die die Randbedingungen des freien Randes respektiert und die genügend Beiwerte c_k besitzt, um die Erfüllung der Randbedingungen an den übrigen Rändern in einer praktisch ausreichenden Zahl diskreter Punkte zu ermöglichen.

Die Randbedingungen für einen starr eingespannten Rand der nicht rechteckigen Platte lauten bekanntlich

$$w = 0, \quad \partial w / \partial n = 0, \quad (11)$$

wobei hier n die Randnormale bedeutet. Fällt die Randlinie der nicht rechteckigen Platte mit einer Koordinatenlinie $x = \text{const.}$ oder $y = \text{const.}$ des gewählten kartesischen Koordinatensystems (das wir zur Darstellung der Grundlösung w^* verwenden) oder mit einer Koordinatenlinie $r = \text{const.}$ des Polarkoordinatensystems (das wir zur Darstellung der Zusatzlösung w^{**} benutzen) zusammen, so hat die zweite Randbedingung in (11) sinngemäß die Form $\partial w / \partial x = 0$, bzw. $\partial w / \partial y = 0$, bzw. $\partial w / \partial r = 0$.

Da der Ansatz $w^{**}(r, \varphi)$ trigonometrische Funktionen enthält, zeigt ein längs der Randlinie geführter Orthogonalschnitt durch die resultierende Biegefläche $w = w^* + w^{**}$ die Form einer Wellenlinie, wie sie beispielsweise in Abb. 11 als gestrichelte Linie dargestellt ist. Um den Fehler, der der bloß punktwoise Erfüllung der Randbedingungen entspringt, zu verringern, haben wir die Wahl, entweder die Zahl der Randpunkte zu erhöhen oder aber jedem Randpunkt noch eine dritte Bedingung zuzuordnen, die das Verschwinden der Neigung in Richtung der Randlinie s des starr eingespannten Randes fordert. Wir weisen dann jedem der ausgewählten Randpunkte das Bedingungstempel

$$w = 0, \quad \partial w / \partial n = 0, \quad \partial w / \partial s = 0 \quad (12)$$

zu und erhalten damit zwar eine größere Zahl von Gleichungen, gewinnen dafür jedoch eine schärfere Approxi-

mation auch bei geringer Zahl der diskreten Randpunkte; die in Abb. 12 gestrichelt eingetragene Linie läßt erkennen, wie sehr sich der längs der Randlinie geführte Orthogonalschnitt durch die Biegefläche $w = w^* + w^{**}$ dem Einspannhorizont anschmiegt, wenn wir die Forderungen (12) erfüllen. Da die Tangentialebene an die Biegefläche durch zwei sich schneidende, beliebig gewählte Gerade bestimmt ist, können wir an Stelle der Linienelemente dx und dy unseres kartesischen Koordinatensystems oder die Linienelemente dr und $r \cdot d\varphi$ unseres Polarkoordinatensystems heranziehen, um Transformationen zu ersparen.

Das Randbedingungs paar, das am freien, in der Wasserspiegel-Ebene liegenden Rand von der Grundlösung w^* , von der Überlagerungslösung w^{**} und daher auch von der resultierenden Lösung $w = w^* + w^{**}$ erfüllt wird, lautet, wenn wir es für w^{**} anschreiben,

$$\left(\frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w^{**}}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w^{**}}{\partial r} + \mu \cdot \frac{\partial^2 w^{**}}{\partial r^2} \right) = 0 \quad \text{für } \varphi = \pm 90^\circ \quad (13)$$

$$\left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial^3 w^{**}}{\partial \varphi \cdot \partial r^2} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w^{**}}{\partial r \cdot \partial \varphi} + \frac{1}{r^3} \cdot \frac{\partial^3 w^{**}}{\partial \varphi^3} + (1 - \mu) \cdot \frac{\partial^2}{\partial r^2} \cdot \left(\frac{\partial w^{**}}{r \cdot \partial \varphi} \right) \right] = 0 \quad \text{für } \varphi = \pm 90^\circ. \quad (14)$$

Die biharmonische Funktionenfolge von Müggenburg [1] hat die allgemeine Form

$$w^{**} = c_0 + \sum c_k \cdot \frac{r^k}{b^k} \cdot [A_k \cos k \cdot \varphi - B_k \cdot \cos \varphi \cdot \cos (k - 1) \cdot \varphi], \quad (15)$$

wobei b eine beliebig gewählte Vergleichslänge darstellt und $k = 1, 2, 3, \dots$ ($z - 1$) ist. Für gerade Zahlen $k = 2, 4, 6, \dots$ ist die Randbedingung (14) identisch erfüllt, während die zusätzliche Erfüllung der Randbedingung (13) an den Zusammenhang

$$B_k = A_k \cdot \frac{k}{2} \cdot (1 - \mu) \quad (16)$$

geknüpft ist; wir wählen $A_k = 1$, $B_k = \frac{k}{2} \cdot (1 - \mu)$ und gewinnen so die Einzelfunktionen

$$\frac{r^k}{b^k} \cdot \left[\cos k \cdot \varphi - \frac{k}{2} \cdot (1 - \mu) \cdot \cos \varphi \cdot \cos (k - 1) \cdot \varphi \right], \quad k = 2, 4, 6 \dots \quad (17)$$

Für ungerade $k = 1, 3, 5 \dots$ ist die Randbedingung (13) identisch erfüllt, während die zusätzliche Befriedigung der Randbedingung (14) des Zusammenhangs

$$A_k \cdot k \cdot (1 - \mu) = -B_k \cdot (1 + \mu) \quad (18)$$

bedarf; wir wählen $A_k = \frac{1 + \mu}{2}$, $B_k = -\frac{k}{2} \cdot (1 - \mu)$ und gewinnen so die Einzelfunktionen

$$\frac{r^k}{b^k} \cdot \left[\frac{1 + \mu}{2} \cdot \cos k \cdot \varphi + \frac{k}{2} \cdot (1 - \mu) \cdot \cos \varphi \cdot \cos (k - 1) \cdot \varphi \right], \quad k = 1, 3, 5 \dots \quad (19)$$

Wenden wir den Laplaceschen Differentialoperator auf eine der Einzelfunktionen an, so wird

$$\Delta w^{**} = -2(k + 1) \cdot B_k \cdot \frac{r^{k-2}}{b^{k-2}} \cdot \cos (k - 2) \cdot \varphi, \quad (20)$$

und unterwerfen wir (20) neuerlich dieser Operation, so erhalten wir

$$\Delta \Delta w^{**} = 0, \quad (21)$$

unabhängig von B und der Zahl k , wie dies der biharmonischen Funktion entspricht. Durch die Überlagerung von w^{**} wird demnach in der Grundlösung w^* weder die gegebene Querbelastung noch die Randbedingung am freien Rand beeinflusst.

Die für die Rechteckplatte ermittelte Grundlösung $w^*(x, y)$ bezieht sich auf das Achsenkreuz x, y mit dem Ursprung O_1 in der Mitte des unteren, starr eingespannten Plattenrandes (Abb. 1). Die y -Achse fällt mit der Sym-

metrie-Achse dieser Rechteckplatte und der freie Rand fällt mit der Koordinatenlinie $y = h$ zusammen. Die Biegefläche $w^*(x, y)$ erfüllt im Eckpunkt $x = a/2, y = h$ die drei Randbedingungen

$$w^* = 0, \quad \partial w^*/\partial x = 0, \quad \partial w^*/\partial y = 0. \quad (22)$$

Wenn diese drei Randbedingungen auch für die resultierende Biegefläche der untersuchten, nicht rechteckigen Platte Geltung haben, müssen wir von der biharmonischen Funktionenfolge $w^{**}(r, \varphi)$ an dieser Stelle $r = a/2, \varphi = \pm 90^\circ$ die Erfüllung der Randbedingungen

$$w^{**} = 0, \quad \partial w^{**}/\partial r = 0, \quad \partial w^{**}/\partial \varphi = 0 \quad (23)$$

verlangen, um bei der Überlagerung die Gleichung (22) nicht zu stören. Die Biegefläche $w^*(x, y)$ der Grundlösung erfüllt ferner im Punkt $x = 0, y = 0$ die beiden Randbedingungen

$$w^* = 0, \quad \partial w^*/\partial y = 0. \quad (24)$$

Wenn diese beiden Randbedingungen auch für die untersuchte, nicht rechteckige Platte Geltung haben, müssen wir fordern, daß die überlagerte Lösung $w^{**}(r, \varphi)$ an dieser Stelle $r = h, \varphi = 0^\circ$ die Randbedingungen

$$w^{**} = 0, \quad \partial w^{**}/\partial r = 0 \quad (25)$$

befriedigt. Für die Erfüllung von (23) und (25) werden fünf Beiwerte c_k unserer Funktionenfolge $w^{**}(r, \varphi)$ in Anspruch genommen; die verbleibenden Beiwerte stehen zur punktweisen Erfüllung der Randbedingungen (11) oder (12) zur Verfügung.

3. Die hydrostatisch belastete Halbkreisplatte mit dem freien geraden Rand in der Wasserspiegel-Ebene und mit starr eingespanntem Halbkreisrand

Wie wir schon einleitend erwähnt haben, zeigen wir das Rechenverfahren vorerst an Hand der in der Überschrift genannten, in Abb. 6a dargestellten Halbkreisplatte. Wir wählen als Zusatzlösung $w^{**}(r, \varphi)$ die im Abschnitt 2

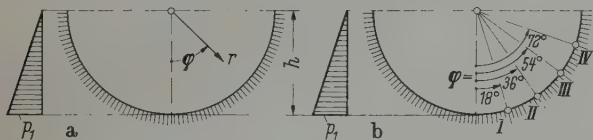


Abb. 6. Die hydrostatisch belastete Halbkreisplatte mit dem freien geraden Rand in der Wasserspiegel-Ebene und mit starr eingespanntem Halbkreisrand.

geschilderte biharmonische Funktionenfolge mit $z = 13$ Beiwerten c_0 bis c_{12} , erfüllen die drei Randbedingungen (23) sowie die beiden Randbedingungen (25) und erfüllen außerdem noch das Randbedingungs paar

$$w = 0, \quad \partial w/\partial r = 0 \quad (26)$$

in den vier ausgewählten Randpunkten I, II, III, IV mit den Polarkoordinaten $r = h, \varphi = 18^\circ$ bzw. 36° bzw. 54° bzw. 72° (Abb. 6b). Auf die Verbesserung der Approximation durch zusätzliche Erfüllung der Bedingung

$$\partial w/\partial \varphi = 0 \quad (27)$$

in diesen vier Punkten wird verzichtet (vgl. dazu die gestrichelte Linie in Abb. 11). Wir führen unsere Untersuchung für eine Betonplatte mit der Querdehnungszahl $\mu = 0,15$ durch und gewinnen so (15) in der Form

$$\begin{aligned} w^{**} = & c_0 + c_1 \cdot \frac{r}{b} \cdot \cos \varphi + c_2 \cdot \frac{r^2}{b^2} \cdot (\cos 2\varphi - 0,85 \cdot \cos^2 \varphi) + \\ & + c_3 \cdot \frac{r^3}{b^3} \cdot (0,575 \cos 3\varphi + 1,275 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 2\varphi) + \\ & + c_4 \cdot \frac{r^4}{b^4} \cdot (\cos 4\varphi - 1,70 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 3\varphi) + \\ & + c_5 \cdot \frac{r^5}{b^5} \cdot (0,575 \cdot \cos 5\varphi + 2,125 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 4\varphi) + \\ & + c_6 \cdot \frac{r^6}{b^6} \cdot (\cos 6\varphi - 2,55 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 5\varphi) + \\ & + c_7 \cdot \frac{r^7}{b^7} \cdot (0,575 \cdot \cos 7\varphi + 2,975 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 6\varphi) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + c_8 \cdot \frac{r^8}{b^8} \cdot (\cos 8\varphi - 3,40 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 7\varphi) + \\ & + c_9 \cdot \frac{r^9}{b^9} \cdot (0,575 \cdot \cos 9\varphi + 3,825 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 8\varphi) + \\ & + c_{10} \cdot \frac{r^{10}}{b^{10}} \cdot (\cos 10\varphi - 4,25 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 9\varphi) + \\ & + c_{11} \cdot \frac{r^{11}}{b^{11}} \cdot (0,575 \cdot \cos 11\varphi + 4,675 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 10\varphi) + \\ & + c_{12} \cdot \frac{r^{12}}{b^{12}} \cdot (\cos 12\varphi - 5,10 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 11\varphi); \quad (28) \end{aligned}$$

Wählen wir als Vergleichslänge $b = h$, so ist für $r = h$

$$\begin{aligned} \frac{\partial w^{**}}{\partial r} = & \frac{c_1}{h} \cdot \cos \varphi + \frac{2c_2}{h} \cdot (\cos 2\varphi - 0,85 \cdot \cos^2 \varphi) + \\ & + \frac{3c_3}{h} \cdot (0,575 \cdot \cos 3\varphi + 1,275 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 2\varphi) + \\ & + \frac{4c_4}{h} \cdot (\cos 4\varphi - 1,70 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 3\varphi) + \\ & + \frac{5c_5}{h} \cdot (0,575 \cdot \cos 5\varphi + 2,125 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 4\varphi) + \\ & + \frac{6c_6}{h} \cdot (\cos 6\varphi - 2,55 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 5\varphi) + \\ & + \frac{7c_7}{h} \cdot (0,575 \cdot \cos 7\varphi + 2,975 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 6\varphi) + \\ & + \frac{8c_8}{h} \cdot (\cos 8\varphi - 3,40 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 7\varphi) + \\ & + \frac{9c_9}{h} \cdot (0,575 \cdot \cos 9\varphi + 3,825 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 8\varphi) + \\ & + \frac{10c_{10}}{h} \cdot (\cos 10\varphi - 4,25 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 9\varphi) + \\ & + \frac{11c_{11}}{h} \cdot (0,575 \cdot \cos 11\varphi + 4,675 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 10\varphi) + \\ & + \frac{12c_{12}}{h} \cdot (\cos 12\varphi - 5,10 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 11\varphi) \quad (29) \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} \frac{\partial w^{**}}{\partial \varphi} = & -c_1 \cdot \sin \varphi + c_2 \cdot (-2 \sin 2\varphi + 1,7 \sin \varphi \cdot \cos \varphi) + \\ & + c_3 \cdot [-1,725 \cdot \sin 3\varphi + 1,275 \cdot \\ & \cdot (-\sin \varphi \cdot \cos 2\varphi - 2 \cdot \cos \varphi \cdot \sin 2\varphi)] + \\ & + c_4 \cdot [-4 \cdot \sin 4\varphi - 1,70 \cdot \\ & \cdot (-\sin \varphi \cdot \cos 3\varphi - 3 \cdot \cos \varphi \cdot \sin 3\varphi)] + \\ & + c_5 \cdot [-2,875 \cdot \sin 5\varphi + 2,125 \cdot \\ & \cdot (-\sin \varphi \cdot \cos 4\varphi - 4 \cdot \cos \varphi \cdot \sin 4\varphi)] + \\ & + c_6 \cdot [-6 \cdot \sin 6\varphi - 2,55 \cdot \\ & \cdot (-\sin \varphi \cdot \cos 5\varphi - 5 \cdot \cos \varphi \cdot \sin 5\varphi)] + \\ & + c_7 \cdot [-4,015 \cdot \sin 7\varphi + 2,975 \cdot \\ & \cdot (-\sin \varphi \cdot \cos 6\varphi - 6 \cdot \cos \varphi \cdot \sin 6\varphi)] + \\ & + c_8 \cdot [-8 \cdot \sin 8\varphi - 3,40 \cdot \\ & \cdot (-\sin \varphi \cdot \cos 7\varphi - 7 \cdot \cos \varphi \cdot \sin 7\varphi)] + \\ & + c_9 \cdot [-5,175 \cdot \sin 9\varphi + 3,825 \cdot \\ & \cdot (-\sin \varphi \cdot \cos 8\varphi - 8 \cdot \cos \varphi \cdot \sin 8\varphi)] + \\ & + c_{10} \cdot [-10 \cdot \sin 10\varphi - 4,25 \cdot \\ & \cdot (-\sin \varphi \cdot \cos 9\varphi - 9 \cdot \cos \varphi \cdot \sin 9\varphi)] + \\ & + c_{11} \cdot [-6,325 \cdot \sin 11\varphi + 4,675 \cdot \\ & \cdot (-\sin \varphi \cdot \cos 10\varphi - 10 \cdot \cos \varphi \cdot \sin 10\varphi)] + \\ & + c_{12} \cdot [-12 \cdot \sin 12\varphi - 5,10 \cdot \\ & \cdot (-\sin \varphi \cdot \cos 11\varphi - 11 \cdot \cos \varphi \cdot \sin 11\varphi)]. \quad (30) \end{aligned}$$

Es lauten daher die drei Randbedingungen (23)

$$\begin{aligned} c_0 - c_2 + c_4 - c_6 + c_8 - c_{10} + c_{12} &= 0, \\ -c_2 + 2c_4 - 3c_6 + 4c_8 - 5c_{10} + 6c_{12} &= 0, \\ -c_1 + 3c_3 - 5c_5 + 7c_7 - 9c_9 + 11c_{11} &= 0 \quad (31) \end{aligned}$$

und die beiden Randbedingungen (25)

$$\begin{aligned} c_0 + c_1 + 0,15 \cdot c_2 + 1,85 \cdot c_3 - 0,70 \cdot c_4 + 2,70 \cdot c_5 - 1,55 \cdot c_6 + \\ + 3,55 \cdot c_7 - 2,40 \cdot c_8 + 4,40 \cdot c_9 - 3,25 \cdot c_{10} + 5,25 \cdot c_{11} - \\ - 4,10 \cdot c_{12} = 0, \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} c_1 + 0,30 \cdot c_2 + 5,55 \cdot c_3 - 2,80 \cdot c_4 + 1,35 \cdot c_5 + 24,85 \cdot c_7 - \\ - 19,2 \cdot c_8 + 39,6 \cdot c_9 - 32,5 \cdot c_{10} + 57,75 \cdot c_{11} - 49,20 \cdot c_{12} = 0. \end{aligned}$$

Für die vier ausgewählten Randpunkte I, II, III und IV lautet schließlich noch das Randbedingungs paar (26), nämlich $w = w^* + w^{**} = 0$,

$$\begin{aligned} c_0 + 0,951\,06 \cdot c_1 + 0,040\,18 \cdot c_2 + 1,319\,00 \cdot c_3 - 0,64132 \cdot c_4 + \\ + 0,624\,53 \cdot c_5 - 0,309\,02 \cdot c_6 - 1,212\,32 \cdot c_7 + 1,091\,66 \cdot c_8 - \\ - 3,489\,91 \cdot c_9 + 2,844\,19 \cdot c_{10} - 4,993\,07 \cdot c_{11} + 3,804\,01 \cdot c_{12} + \\ + 0,091\,00 \cdot \frac{p_1 \cdot h^4}{1000 \cdot E J} = 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_0 + 0,809\,02 \cdot c_1 - 0,247\,32 \cdot c_2 + 0,141\,06 \cdot c_3 - 0,384\,01 \cdot c_4 - \\ - 1,965\,84 \cdot c_5 + 1,253\,98 \cdot c_6 - 2,124\,87 \cdot c_7 + 1,159\,03 \cdot c_8 + \\ + 1,421\,45 \cdot c_9 - 1,781\,68 \cdot c_{10} + 4,247\,36 \cdot c_{11} - 3,029\,00 \cdot c_{12} + \\ + 0,604\,00 \cdot \frac{p_1 \cdot h^4}{1000 \cdot E J} = 0, \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} c_0 + 0,587\,79 \cdot c_1 - 0,602\,69 \cdot c_2 - 0,778\,45 \cdot c_3 + 0,141\,32 \cdot c_4 - \\ - 1,010\,51 \cdot c_5 + 0,809\,02 \cdot c_6 + 1,961\,57 \cdot c_7 - 1,591\,66 \cdot c_8 + \\ + 0,356\,79 \cdot c_9 + 0,468\,36 \cdot c_{10} - 3,085\,90 \cdot c_{11} + 2,071\,05 \cdot c_{12} + \\ + 0,559\,00 \cdot \frac{p_1 \cdot h^4}{1000 \cdot E J} = 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_0 + 0,309\,02 \cdot c_1 - 0,890\,19 \cdot c_2 - 0,783\,94 \cdot c_3 + 0,734\,03 \cdot c_4 + \\ + 0,777\,92 \cdot c_5 - 0,478\,98 \cdot c_6 - 0,181\,10 \cdot c_7 + 0,040\,99 \cdot c_8 - \\ + 0,778\,57 \cdot c_9 + 0,594\,15 \cdot c_{10} + 1,622\,36 \cdot c_{11} - 1,296\,03 \cdot c_{12} + \\ + 0,072\,00 \cdot \frac{p_1 \cdot h^4}{1000 \cdot E J} = 0 \end{aligned}$$

und unter Berücksichtigung von

$$\frac{\partial w^*}{\partial r} = \frac{\partial w^*}{\partial y} \cdot \cos \varphi + \frac{\partial w^*}{\partial x} \cdot \sin \varphi,$$

$$\frac{\partial w}{\partial r} = \frac{\partial w^*}{\partial r} + \frac{\partial w^{**}}{\partial r} = 0$$

$$\begin{aligned} 0,951\,06 \cdot c_1 + 0,080\,36 \cdot c_2 + 3,957\,00 \cdot c_3 - 2,565\,28 \cdot c_4 + \\ + 3,122\,65 \cdot c_5 - 1,854\,12 \cdot c_6 - 8,486\,24 \cdot c_7 + 8,733\,28 \cdot c_8 - \\ - 31,409\,19 \cdot c_9 + 28,441\,90 \cdot c_{10} - 54,923\,77 \cdot c_{11} + \\ + 45,648\,12 \cdot c_{12} - 3,247\,00 \cdot \frac{p_1 \cdot h^4}{1000 \cdot E J} = 0, \\ 0,809\,02 \cdot c_1 - 0,494\,64 \cdot c_2 + 0,423\,18 \cdot c_3 - 1,536\,04 \cdot c_4 - \\ - 9,829\,20 \cdot c_5 + 7,523\,88 \cdot c_6 - 14,874\,09 \cdot c_7 + \\ + 9,272\,24 \cdot c_8 + 12,793\,05 \cdot c_9 - 17,816\,80 \cdot c_{10} + 46,720\,96 \cdot c_{11} - \\ - 36,348\,00 \cdot c_{12} - 4,974\,00 \cdot \frac{p_1 \cdot h^4}{1000 \cdot E J} = 0, \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} 0,587\,79 \cdot c_1 - 1,205\,38 \cdot c_2 - 2,335\,35 \cdot c_3 + 0,565\,28 \cdot c_4 - \\ - 5,052\,55 \cdot c_5 + 4,854\,12 \cdot c_6 + 13,730\,99 \cdot c_7 - \\ - 12,733\,28 \cdot c_8 + 3,211\,11 \cdot c_9 + 4,683\,60 \cdot c_{10} - 33,944\,90 \cdot c_{11} + \\ + 24,852\,60 \cdot c_{12} - 4,663\,00 \cdot \frac{p_1 \cdot h^4}{1000 \cdot E J} = 0, \\ 0,309\,02 \cdot c_1 - 1,780\,38 \cdot c_2 - 2,351\,82 \cdot c_3 + 2,936\,42 \cdot c_4 + \\ + 3,889\,60 \cdot c_5 - 2,873\,88 \cdot c_6 - 1,267\,70 \cdot c_7 + 0,327\,92 \cdot c_8 - \\ - 7,007\,13 \cdot c_9 + 5,941\,50 \cdot c_{10} + 17,845\,96 \cdot c_{11} - 15,552\,36 \cdot c_{12} - \\ - 2,599\,00 \cdot \frac{p_1 \cdot h^4}{1000 \cdot E J} = 0. \end{aligned}$$

Aus den vorstehenden 13 linearen Gleichungen (31), (32), (33) und (34) erhalten wir schließlich die Beiwerte

$$c_0 = -1,965\,800 \cdot p_1 \cdot h^4 / 1000 \cdot E J$$

$$c_1 = +0,730\,640 \cdot p_1 \cdot h^4 / 1000 \cdot E J$$

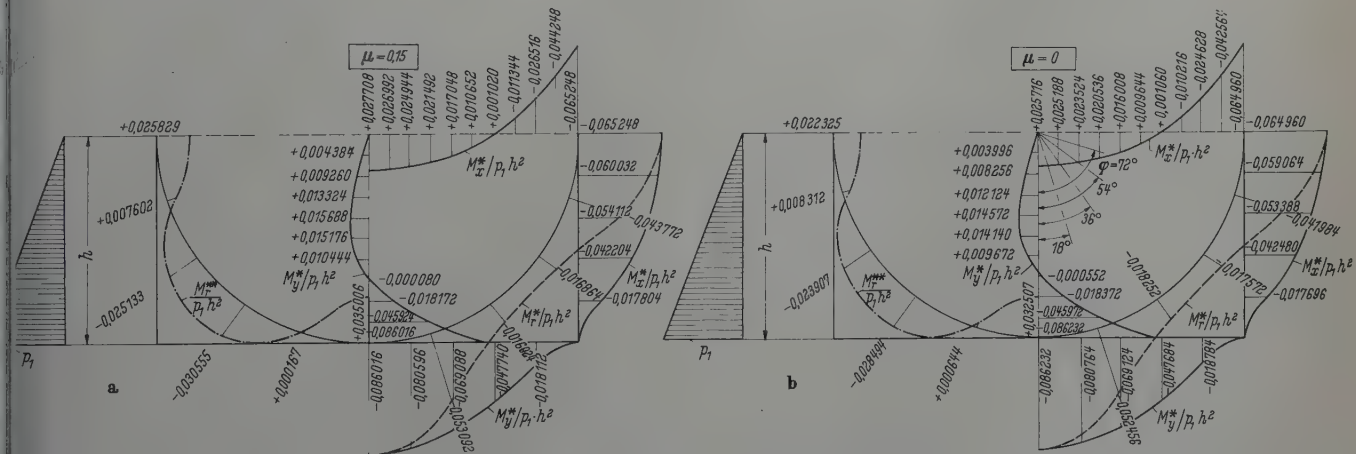


Abb. 7. Die an drei Rändern starr eingespannte und am vierten Rand freie hydrostatisch belastete Rechteckplatte. Verlauf der Biegemomente für $\mu = 0,15$ und $\mu = 0$.

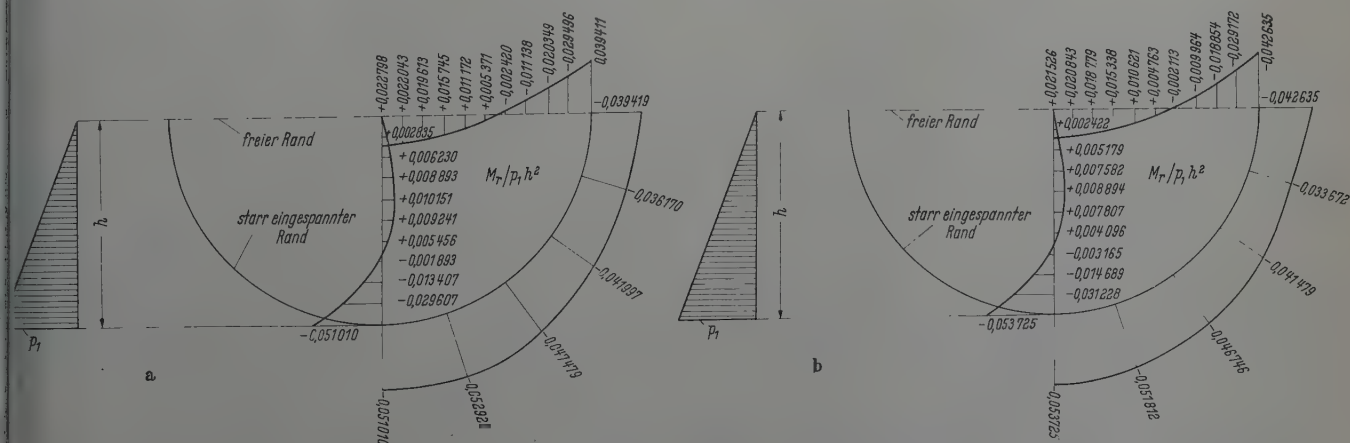


Abb. 8. Die am geraden Rand freie und am Halbkreisrand starr eingespannte hydrostatisch belastete Halbkreisplatte. Verlauf der Biegemomente für $\mu = 0,15$ und $\mu = 0$.

$$\begin{aligned}
 c_2 &= -2,400\,213 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_3 &= +1,558\,281 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_4 &= +1,289\,226 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_5 &= +0,922\,026 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_6 &= +1,844\,637 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_7 &= +0,051\,979 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_8 &= +0,058\,812 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_9 &= -0,040\,055 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_{10} &= -0,054\,545 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_{11} &= -0,005\,270 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_{12} &= +0,007\,848 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J
 \end{aligned} \quad (35)$$

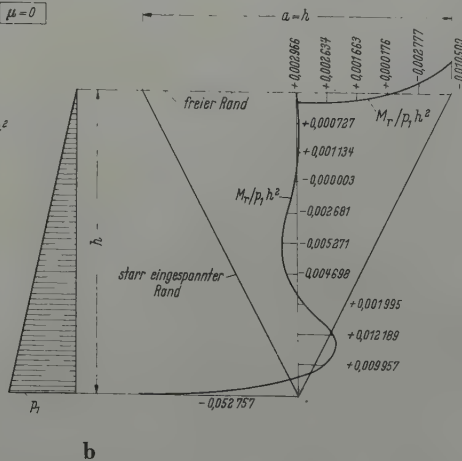
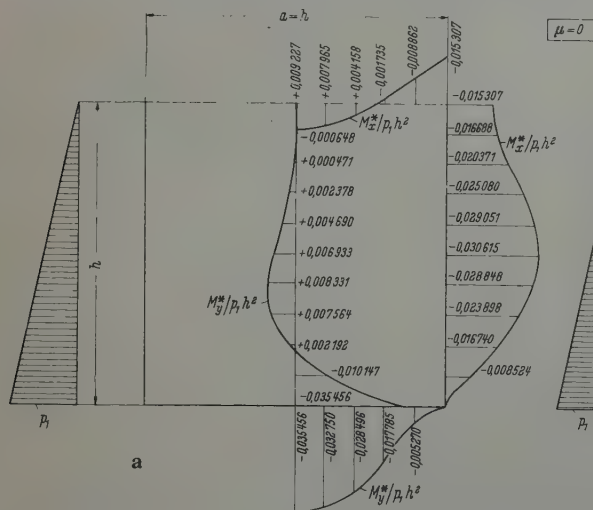
für die Zusatzlösung $w^{**}(r, \varphi)$.

Setzen wir näherungsweise $\mu = 0$, so bleiben die Randbedingungen (31) unverändert, während die Randbedingungen (32), (33) und (34) — die ausgewählten Randpunkte I, II, III und IV werden beibehalten — neu berechnet werden müssen. Wieder erhalten wir dann aus 13 linearen Gleichungen für die Zusatzlösung $w^{**}(r, \varphi)$ die Beiwerte

$$\begin{aligned}
 c_0 &= -1,759\,360 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_1 &= +0,323\,450 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_2 &= -2,095\,060 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_3 &= +1,398\,867 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_4 &= +1,334\,643 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_5 &= +1,096\,902 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_6 &= +1,785\,370 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_7 &= +0,105\,663 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_8 &= -0,005\,358 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_9 &= -0,104\,119 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_{10} &= -0,107\,978 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_{11} &= -0,005\,979 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_{12} &= +0,012\,218 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J
 \end{aligned} \quad (36)$$

Die Abbildungen 7 a (für $\mu = 0,15$) und 7 b (für $\mu = 0$) zeigen in der rechten Plattenhälfte für die an drei Rändern starr eingespannte und am vierten Rand freie, hydrostatisch belastete Rechteckplatte den Verlauf des Biegemomentes M_y^* im Schnitt $x = 0$ und M_x^* im Schnitt $y = h$ sowie den Verlauf des Einspannmomentes an den Rändern $y = 0$ und $x = a/2$; außerdem ist auch der Verlauf des Momentes M_r^* durch die ausgewählten Punkte I, II, III und IV gestrichelt eingezeichnet. Die linke Plattenhälfte dieser Abbildungen enthält den aus der Zusatzlösung gewonnenen Verlauf von M_r^{**} durch die Punkte I, II, III und IV von $\varphi = 0$ bis $\varphi = -90^\circ$.

Aus der Überlagerung der Lösungen w^* und w^{**} gewinnen wir den endgültigen Verlauf der Biegemomente für



die am geraden Rand freie und am Halbkreisrand starr eingespannte, hydrostatisch belastete Halbkreisplatte; die Abb. 8 a und 8 b zeigen den Verlauf des Biegemomentes M_r für $\varphi = 0$, $\varphi = 90^\circ$ und für den eingespannten Rand.

4. Die hydrostatisch belastete, symmetrische Dreieckplatte mit einem freien Rand in der Wasserspiegel-Ebene und zwei starr eingespannten Rändern (Abb. 9)

Wir wählen wieder als Zusatzlösung $w^{**}(r, \varphi)$ die schon geschilderte biharmonische Funktionenfolge mit $z = 11$ Beiwerten c_0 bis c_{10} , erfüllen wieder die drei Randbedingungen (23) für $r = h/2$, $\varphi = \pm 90^\circ$ sowie die beiden Randbedingungen (25) für $r = h$, $\varphi = 0$ und erfüllen außerdem noch das Randbedingungstriplet

$$w = 0, \partial w / \partial r = 0, \partial w / \partial \varphi = 0, \quad (37)$$

in (vgl. dazu die gestrichelte Linie in Abb. 12) den zwei ausgewählten Randpunkten I und II mit den Polarkoordinaten $r = 0,687\,041 \cdot h$, $\varphi = 14^\circ$ und $r = 0,470\,516 \cdot h$, $\varphi = 45^\circ$ (Abb. 9 b).

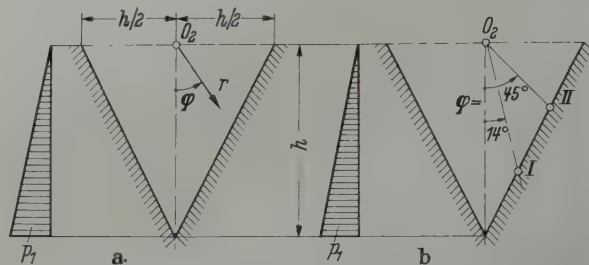


Abb. 9. Die hydrostatisch belastete, symmetrische Dreieckplatte mit einem freien und zwei starr eingespannten Rändern.

Wählen wir auch in diesem Fall die Vergleichslänge $b = h$ und setzen näherungsweise $\mu = 0$, so erhalten wir aus den Randbedingungen (23), (25) und (37) 11 lineare Gleichungen, woraus schließlich die Beiwerte

$$\begin{aligned}
 c_0 &= -0,336\,110 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_1 &= -0,983\,090 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_2 &= -3,135\,637 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_3 &= -1,949\,358 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_4 &= -7,787\,012 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_5 &= +0,547\,109 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_6 &= +2,180\,566 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_7 &= +7,448\,234 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_8 &= +18,464\,354 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_9 &= +4,684\,352 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J \\
 c_{10} &= -0,582\,218 \cdot p_1 \cdot h^4/1000 \cdot E J
 \end{aligned}$$

für die Zusatzlösung $w^{**}(r, \varphi)$ gewonnen werden.

Für die quadratische, an einem Rand freie und an den drei anderen Rändern starr eingespannte, hydrostatisch

Abb. 10. Verlauf der Biegemomente für $\mu = 0$: a) Die an drei Rändern starr eingespannte und am vierten Rand freie hydrostatisch belastete Quadratplatte; b) Die hydrostatisch belastete, symmetrische Dreieckplatte mit einem freien und zwei starr eingespannten Rändern.

belastete Platte zeigt die Abb.10a den Verlauf des Biegemomentes M_x^* im Schnitt $x = 0$ und M_y^* im Schnitt $y = h$; ebenso ist auch der Verlauf des Einspannmomentes an den Rändern $y = 0$ und $x = a/2$ dargestellt. Die Abb.10b enthält für die hydrostatisch belastete, symmetrische Dreieckplatte mit einem freien Rand in der Wasserspiegelebene und zwei starr eingespannten Rändern den Verlauf des Biegemomentes M_r für $\varphi = 0$ und $\varphi = 90^\circ$.

Literatur

1. H. Müggenburg: Einflußflächen für die am bogenförmigen Rand eingespannte und am geraden Rand freie Halbkreisplatte. Ing.-Arch., XXIV. Bd. (1956), 5. H., S. 308.

2. A. Scherer: Einflußflächen einer Dreieckplatte mit Aufpunkt am freien Rand. Ing.-Arch., XXV. Bd. (1957), 4. H., S. 255.

3. K. Goriupp: Die dreiseitig gelagerte Rechteckplatte. I. Mitteilung, Ing.-Arch., XVI. Bd. (1947), 2. H., S. 77; II. Mitteilung, Ing.-Arch., XVI. Bd. (1948), 3. und 4. H., S. 147; Berichtigung, Ing.-Arch., XVI. Bd. (1948), 5. und 6. H., S. 446.

4. E. Bittner: Platten und Behälter. Wien: Springer (in Vorbereitung).

5. S. Timoshenko: Theory of Plates and Shells, New York an London, McGraw-Hill Book Comp. 1940.

6. F. Czerny: Tafeln für gleichmäßig vollbelastete Rechteckplatten. Bautechnik-Arch. (1955), H. 11; s. auch Beton-Kalender 1958 und 1959. Berlin: Ernst & Sohn.

7. F. Czerny: Die an drei Rändern gestützte Rechteckplatte mit Berücksichtigung der Querdehnungszahl (in Vorbereitung); s. auch Beton-Kalender 1961. Berlin: Ernst & Sohn.

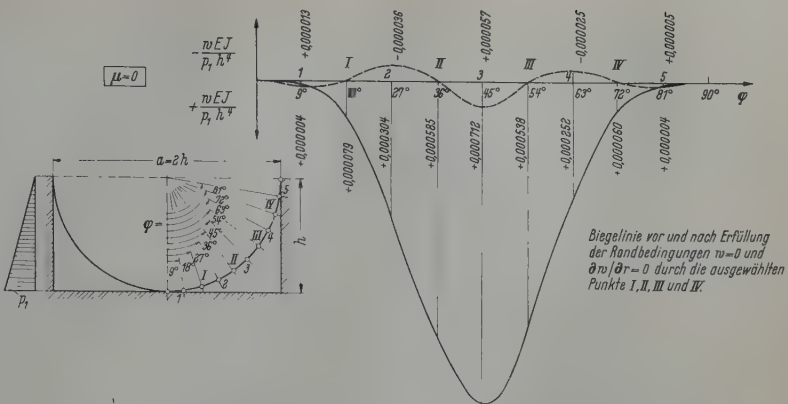


Abb.11. Orthogonalschnitt längs der Randlinie der hydrostatisch belasteten Halbkreisplatte vor und nach punktwiser Erfüllung der Randbedingungen.

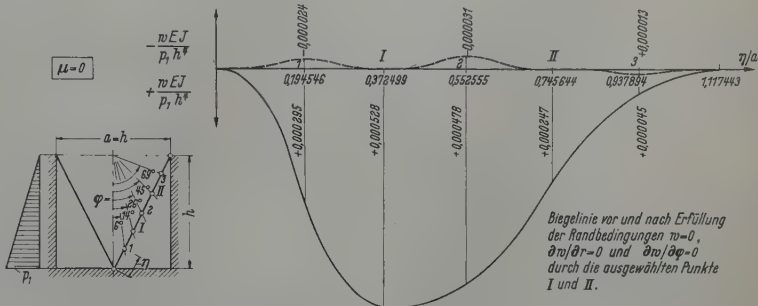


Abb.12. Orthogonalschnitt längs der Randlinie der hydrostatisch belasteten Dreieckplatte vor und nach punktwiser Erfüllung der Randbedingungen.

Güteauswahl der Stähle für geschweißte Konstruktionen

Von Prof. Dr.-Ing. G. Bierett, Saarbrücken

DK 691.714 : 624.014.25

Der vor einem Jahr in dieser Zeitschrift¹ veröffentlichte Vorschlag für ein einfaches Klassifizierungsschema für die Auswahl der Stähle für geschweißte Konstruktionen ist in den zuständigen Ausschüssen des deutschen Stahlbaues und des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik (DVS.) weiterverfolgt worden. Gleichzeitig wurde die Überarbeitung der „Vorläufigen Empfehlungen zur Wahl der Stahlgütegruppen für geschweißte Stahlbauten“ fortgesetzt, die inzwischen als 2. überarbeitete Auflage erschienen sind. Es erschien mir selbst nicht ratsam, diese „Vorläufigen Empfehlungen“ nach verhältnismäßig kurzem Gebrauch zu schnell durch ein gänzlich anderes, wenn auch im Gebrauch wesentlich einfacheres und nach meiner Überzeugung die causalen Haupteinflüsse — Materialdicke und Verwendungstemperatur — richtiger erfassendes Klassifizierungsschema zu ersetzen.

In der Veröffentlichung wurde mehrfach betont, daß mit diesem Vorschlag vor allem ein Prinzip-Vorschlag für die sinngemäße Zuordnung der einzelnen Faktoren gemacht werden sollte, daß aber die zahlenmäßige Festlegung der Güteeinteilung bestimmenden Größen der gemeinsamen Willensbildung eines größeren Kreises vorbehalten bleiben müsse.

Damit hat sich dann auch der Werkstoff-Ausschuß des DStV. und ebenso der des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DASt.) wie auch der Klassifizierungsausschuß des letzteren in mehreren Besprechungen eingehend befaßt. Gleichzeitig bemühte sich die Arbeitsgruppe 17 des DVS. unter der Leitung des Bundesbahnoberrates Hoffmann,

München, bei der Aufstellung des von diesem Kreis bearbeiteten Katalogs für die Stahlgüten für wesentliche Konstruktionsglieder der verschiedenen Zweige des Stahlbaues durch Vergleich der Ergebnisse beider Verfahren zu einer Beurteilung und Stellungnahme zu beiden Wegen zu gelangen. Dieser Vergleich mußte sich natürlich auf ein wertmäßig festgelegtes Schema stützen, wofür die Agru die als Beispiel gebrachte Abb.9 der Veröffentlichung benutzte. Ohne den zu erwartenden zusammenfassenden Bericht des Genannten vorgreifen zu wollen, kann doch an dieser Stelle gesagt werden, daß bis auf die nachstehenden Einschränkungen gute Übereinstimmung festgestellt wurde.

Wie zu erwarten war, führte die Klassifizierung nach den „VE“ bei den zahlreichen durchgearbeiteten Beispielen in vielen Fällen durch die errechneten Bewertungsziffern Z nicht unmittelbar zu der geeigneten Stahlgütegruppe, sondern nur durch Beachtung der in den Fußnoten 1 bis 4 (VE, 1. Ausgabe) bzw. Fußnote 1 bis 3 (VE, 2. Auflage) der Tafel 1 festgelegten Grenzdicken für die verschiedenen Stahlgüten, während der auf Dicke und Verwendungstemperatur aufgebaute neue Vorschlag die erforderliche Güte unmittelbar ergab. Andererseits zeigte sich, daß dieser letztere Vorschlag in einigen Fällen, besonders bei Bauten im Freien — also bei tiefen Temperaturen — eine höhere Gütegruppe ergab.

Abgesehen davon, daß die hierfür durch die Agru benutzte Grundlage — die Abb.9 der Veröffentlichung — schon durch die Entschliefungen der Werkstoff-Ausschüsse etwas im erleichternden Sinne abgewandelt worden war, bestätigte diese Feststellung die vom Verf. bereits in der ersten Veröffentlichung ausgesprochene Vermutung, daß die dort der Rechnung zugrunde gelegte Annahme der

¹ Der Bauingenieur 34 (1959) S. 213—222.

vollen Temperaturversprödung der Konstruktion bei -60°C vielleicht etwas zu ungünstig wäre. Dort war ausgeführt:

„Die hier gemachte Annahme: Volle Versprödung bei -60°C in Verbindung mit dem cos-Gesetz differenziert die Ergebnisse im Bereich der Gebrauchstemperaturen unter 0° ziemlich stark, vielleicht sogar etwas zu stark. Es ist vielleicht wirklichkeitstreuer, die Temperatur für volle Versprödung bei -80° oder -90° anzusetzen...“

Um zu einer dieser Erkenntnis Rechnung tragenden abgewandelten Güteskala zu kommen, ist es nicht erforderlich, den Gesamtrechnungsgang zu wiederholen, sondern es genügt, wenn man sich Aufschluß darüber verschafft, für welche Temperaturbereiche die aufgestellte Skala gilt, wenn die Temperatur für Vollversprödung etwas tiefer angesetzt wird.

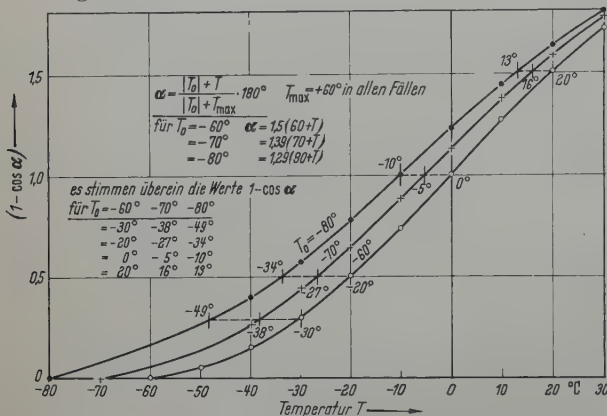


Abb. 1. Bestimmung äquivalenter Temperaturen bei Annahme verschiedener Temperaturen T_0 für die Vollversprödung.

Nach dem Vorschlag war die Gefahrenziffer aus Dicke und Temperatur zu errechnen als

$$g = \frac{f(t)}{1 - \cos \alpha}$$

wo t die Dicke und die Temperaturwerte in dem Funktionswert α enthalten sind, und zwar in der Form:

$$\alpha = \frac{|T_0| + T}{|T_0| + T_{\max}} \cdot 180 \text{ in Grad.}$$

Hierbei ist T_0 die Temperatur der Vollversprödung, der entsprechende absolute Zahlenwert, der Temperaturwert, für den eine Temperaturversprödung nicht mehr angenommen zu werden braucht,

T die niedrigste Gebrauchstemperatur.

Bestimmend sind also die Werte α bzw. $1 - \cos \alpha$.

Werden bei verschiedenen Annahmen bezüglich der Temperaturen T_0 diese Werte zahlenmäßig gleich, können die auf der Grundlage der daraus errechneten Werte g aufgestellten Güteskalen unverändert übernommen werden, nur daß sich der entsprechende Wert für die Gebrauchstemperatur etwas verändert.

Für diese Umgestaltung sind die Temperaturen für Vollversprödung, die früher mit -60° angenommen war, zu -70 und -80° angenommen worden. Der Temperaturwert $T_{\max}$ wurde wie früher unverändert mit $+60^{\circ}\text{C}$ belassen. Das Ergebnis für diese Temperaturäquivalenzen zeigt Abb. 1. Man ist danach berechtigt, die früheren Temperaturbereiche der Skala wie folgt zu ersetzen:

Für -30°	jetzt	$< -30^{\circ}$
Für -20°	jetzt bis	-30°
Für 0°	jetzt bis	-10°
Für $\geq 20^{\circ}$	jetzt	$\geq 15^{\circ}$

Die in Abb. 2 wiedergegebene Arbeitstafel für die Stahlauswahl enthält diese Änderungen in den linken Spalten. Die Einteilung in den rechten Spalten berücksichtigt alle in den Werkstoff-Ausschüssen vereinbarten Änderungen gegenüber dem in der früheren Veröffentlichung gegebenen Beispiel der Abb. 9. Wer sich die Mühe des Vergleichs macht, wird feststellen, daß diese Änderungen nicht sehr wesentlich sind. Gegenüber einigen Erleichterungen für die Anwendung der Stähle 1 U, 1 R und 2 U in den Stufen II bis V wurde die nach Abb. 9 in der Stufe VI bis 20 mm vorgesehene Verwendung des Stahls 1 U auf 16 mm beschränkt und für die beiden anderen von 30 mm auf 24 mm herabgesetzt. Hierdurch ist eine Anpassung an die neu herausgegebene VE erreicht, die diese Regelung durch die Fußnote 2 zur Tafel 1 vorsieht.

Andererseits führte der Vergleich der beiden Methoden in der VE zu der Erleichterung, daß die ursprünglich in jedem Fall vorgesehene Verwendung nur von Stahl der Gütegruppe 3 von Dicken ≥ 35 mm so eingeschränkt wurde, daß diese Regelung nur gilt, wenn der Wert Z der VE größer als 14 wird. Das entspricht in der Arbeitstafel etwa der für Stufe V und VI gegebenen Grenze zwischen den Stählen 2 R und 3 RR.

Diese Arbeitstafel enthält in der unteren Leiste nun auch die Regelung für Druckbeanspruchung, für die wesentlich weitere Dickengrenzen für die einfachsten und einfacheren Stähle als bei Zugbeanspruchung gesetzt werden können. Im Sinne der VE (Ziffer 4.1, Ausgabe Januar 1960) sind hierunter auch Druckglieder und Stützen mit geringer

Biegebeanspruchung erfaßt, wenn $\frac{M}{N} \leq \frac{d}{2}$ (d = Querschnittshöhe in der Momentenebene).

niedrigste Betriebstemperaturen					Materialdicke bis... mm										Stufe
Kurz- bezeichg.	$\geq 15^{\circ}$	bis -10°	bis -30°	$< -30^{\circ}$	8	12	16	20	25	30	35	40	45	50	
	20°	0°	-20°	$< -30^{\circ}$											
Faktoren der Konstruktion $K \times S \times A$	—	—	—	2,0	alterungsbeständiger Stahl										I
	—	—	2,0	1,4											II
	—	2,0	1,4	1,0	-1R oder -2U										III
	2,0	1,4	1,0	0,7	-2R										IV
	1,4	1,0	0,7	0,5	-3RR										V
	0,5 0,7 1,0	0,5 0,7	0,5	—	-1U										VI
Berücksichtigung einer Kaltverformung (Zugbeanspruchung)					(durch Verlegung des Nullpunktes)										
					mässig $R: t \geq 19$ $\delta \leq 25\%$										
					stärker $R: t \geq 10$ $\delta \leq 5\%$										
Druckbeanspruchung					-1U										
					-1R oder -2U										
					-2R										

Abb. 2. Arbeitstafel für die Stahlauswahl.

Zur Verwendung dieser Tafel im praktischen Gebrauch für Angebotsbearbeitung und für die Materialbestellung muß bezüglich der Bedeutung und Größe der Konstruktionsfaktoren K (Konstruktionsart), S (Schadensstufe) und A (Ausnutzung) auf die erste Veröffentlichung verwiesen werden. Bezüglich des Konstruktionsfaktors bemüht sich ebenfalls die Agru 17 zu einer klaren Dreiteilung gemäß meinem Vorschlag zu kommen, wobei Beanspruchungsfälle

Normal Faktor K_a

Schwierig Faktor K_b und

Besonders schwierig Faktor K_c

unterschieden und hierfür kennzeichnende Konstruktionsfälle zusammengestellt werden. Bezüglich der Schadensstufen und deren Abgrenzung

ist die Regelung durch die VE (Seite 20) gegeben. Die zahlenmäßige Bewertung der Faktoren K und S zur Bildung des für den Gebrauch der Tafel erforderlichen Faktors $K \cdot S$ ist der früheren Arbeit zu entnehmen. Ebenso die Berücksichtigung starker Minderausnutzung durch den Faktor A, der bei Zugbeanspruchung und vorauszusetzen-der guter Werkstoffausnutzung in der Regel nicht zu berücksichtigen zu sein braucht, es sei denn im Fall tatsächlich relativ geringer Beanspruchungen. Beispiele für einige wichtige Fälle waren in der Erstveröffentlichung gegeben. Bei Druckgliedern, bei denen die oben angegebene Begrenzung des Verhältnisses zwischen Moment und Normalkraft nicht eingehalten werden kann, die Güteauswahl also nach den Bedingungen von Zuggliedern vorgenommen werden muß, kann die Benutzung der durch den Ausnutzungsfaktor A gegebenen Möglichkeiten ebenso zu einfacheren und billigeren Stäben führen. Maßgebend für den Wert des Faktors A ist hierbei das Verhältnis zwischen größter Zugspannung und der zulässigen Zugbeanspruchung, wodurch sich der Faktor meist zu 0,7 oder noch häufiger zu 0,5 ergeben wird.

Die am rechten Rande vermerkte Stufenbenennung kann der leichteren Verwendung der Tafel dienlich sein.

Neuerungen bei den Baumaschinen

Von Baurat Dr.-Ing. Bruno Hille, Aachen

DK 69.002.5 : 69.057 : 621.311 : 061.43 (43-2.27) „1960“

Als besonderes Merkmal der Entwicklung fiel dem Besucher der Deutschen Industriemesse 1960 in Hannover auf, daß im Erdbau bei den deutschen Herstellern das Interesse am Bau schwerer Planiertraupen zunimmt und daß eine große Zahl neuer Erdtransportwagen mit 30 t Nutzlast und Motorleistungen von 300 PS auf den Markt gebracht wurde. In zunehmendem Maße wird im gleislosen Betrieb die Bedeutung des Straßenhobels erkannt, der als Hilfsgerät bei der Unterhaltung der Baustellenstraßen, beim Einbau der Frostschutzschichten, beim Verteilen von Mittelschotter und Splitt, beim Planieren von Böschungen und beim Ziehen von Gräben Verwendung findet. Erstmals ist auch von einem deutschen Werk ein Motorschürfwagen entwickelt worden. Mit dem serienmäßigen Bau eines luftbereiften 220-PS-Planiergerätes nimmt es überdies den Wettbewerb in einem Gebiet auf, das bisher den Amerikanern vorbehalten war.

Bei den Universalbaggern war eine Anzahl neuer Typen von Kleingeräten und von Anbaubaggern zu finden, die der Forderung nach einer Mechanisierung der kleineren Baustelle Rechnung trugen.

Im Betonbau hat sich das gewichtsmäßige Zuteilen der Zuschlagstoffe und das getrennte Wägen des Zements endgültig durchgesetzt. Die Forderung nach der Verarbeitung von möglichst trockenem Beton hat dem Zwangsmischer in Form von Tellermischern mit senkrechten Rührwerkswellen größere Verbreitung gebracht. Für den Einsatz auf der Baustelle werden auch diese Mischer, die sich durch besonders kurze Mischzeiten auszeichnen sollen, mit luftbereiften Achsen versehen. Um den Einbau des trockenen Betons zu erleichtern, kann auf Innenrüttler mit hohen Frequenzen bis 350 Hz zurückgegriffen werden.

Beim Wiederaufbau der deutschen Innenstädte ist der zur Verfügung stehende Platz für die Baustelleneinrichtung vielfach so knapp bemessen, daß es an Raum für den Aufbau der Mischanlagen fehlt. Dieser Umstand führte in den beiden letzten Jahren zu einem lebhaften Aufschwung des Transportbetons. In zahlreichen Großstädten sind Misch- oder Verwiegeanlagen eingerichtet worden, die fertigen Beton bzw. abgemessene Baustoffmengen abgeben. Für die Fahrt zur Baustelle steht eine Vielzahl von Wagentypen zur Auswahl, die für den einen Fall als Nachmischer und für den anderen Fall als Transportmischer verwendet werden können. Der in ortsfesten Anlagen mit großem technischem Aufwand hergestellte Beton erfüllt höchste Anforderungen an gleichbleibende Güte.

An den zwingend notwendigen Ausbau des deutschen Straßennetzes wird jeder Verkehrsteilnehmer täglich erinnert. Das Straßenbaufinanzierungsgesetz läßt erwarten, daß nunmehr ein tatkräftiger Aufschwung bei den Straßenbauarbeiten beginnen wird. Bei den Aufbereitungsanlagen für den Straßenbau steht das Streben nach automatischem Betriebsablauf im Vordergrund der Entwicklung. Auf dem Gebiete der Bodenverfestigung sind neue Maschinen nicht hervorgetreten. Die in den letzten Jahren auf den Markt gebrachten Geräte konnten inzwischen im land-

Sie ermöglicht dem verantwortlichen Ingenieur besonders bei mehreren Materialdicken im gleichen Konstruktionsteil, mit einer kurzen Stufenangabe die Bedingungen für die nachgeordneten Stellen festzulegen. Sie erleichtert auch die Kontrolle. Darüber hinaus gibt sie in Zweigen der Stahlverarbeitung, bei denen genaue Spannungsnachweise nicht üblich sind, dem für die Materialbestimmung Verantwortlichen die Möglichkeit, nur durch Angabe der Stufe die den Anforderungen entsprechende Materialauswahl der Dicke entsprechend vorzuschreiben.

Da die Arbeitstafel

in ihren Grundlagen unabhängig von den besonderen Gegebenheiten des Stahlbaues, die Haupteinflußbereiche einander sinngemäß zuordnend und kombinierend, Einflüsse, denen im Verhältnis zur Gütestreubreite der Stähle und der Verarbeitungsverhältnisse keine besondere Bedeutung zuzumessen ist, vernachlässigend, entwickelt worden ist, dürfte sie für den Stahlbau und andere Zweige der geschweißten Stahlkonstruktionen ein wesentliches, einfaches und allgemein anwendbares Hilfsmittel für die Materialauswahl beim Projekt und in der Konstruktion werden.

wirtschaftlichen Wegebau und bei der Verbesserung des Straßenuntergrundes ihre Bewährungsprobe bestehen.

Weitere Ausdehnung hat die Rütteltechnik gefunden, die sich bei der Verdichtung von rolligen Böden, beim Einbau von Frostschutz- und Schotterschichten und auf bituminösen Trag- und Deckschichten erfolgreich durchgesetzt hat. Unter den zahlreichen neuen Typen fielen insbesondere Tandem-Rüttelwalzen mit hohen Eigengewichten von 6 bis 8 t, kombinierte Walzen und selbstfahrende Mehrplattenrüttler mit großer Arbeitsbreite bis 3,75 m auf.

Beim Hochhausbau können Turmdrehkrane und Kletterkrane nicht allen Anforderungen gerecht werden: Sie sind nicht für die Personenbeförderung zugelassen und versagen beim Transport von Baustoffen zu den Zwischengeschossen. Diese Sonder-Förderaufgaben kann ein neuer Baustellen-Gittermast-Aufzug übernehmen, der als Personen- und Lastenaufzug konstruiert wurde.

Eine einschneidende Bedeutung üben die neuen „Anschlußbedingungen für elektrische Anlagen auf Baustellen“ aus, die von der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke herausgegeben wurden. Die Baustellen-Energieversorgung führt jetzt nur noch über Verteilerschränke mit den vorgeschriebenen Schutzeinrichtungen.

Aus der Fülle der vorgestellten Geräte soll nachstehend eine Auswahl neuer Maschinen für den Erdbau und für den Beton- und Hochbau behandelt werden.

Erdbaugeräte

Aus der Reihe der neuen Kleinbagger sei hier auf die sehr beweglichen Geräte mit Luftbereifung hingewiesen. Ihr Vorteil liegt in der Möglichkeit, auch im Stadtverkehr schnell den Standort wechseln zu können. Die 8-fache Be-



Abb. 1. Mobilbagger „Weserwolf“ mit 250-l-Tiefelöffel. Motorleistung 26 PS; Gewicht 7350 kg. (Weserhütte, Bad Oeynhausen.)

reifung sichert den Mobilbaggern aber auch im Gelände und auf der Baustelle eine hohe Wendigkeit und eine große Fahrsicherheit (Abb. 1). Als technische Merkmale sind hier die Achsschenkelenkung, die hydraulische Vierradbremse, die zusätzliche Handbremse und die vorn und hinten am Unterwagen angebrachte Anhängerkupplung zu erwähnen. Die Hinterachsen werden starr ausgeführt, während die Lenkachse meist als feststellbare Pendelachse gebaut ist. Je nach dem Verwendungszweck können die Bagger mit Hinterachsenantrieb oder mit Allradantrieb geliefert werden.

Das Schaltgetriebe sieht vier oder fünf Vorwärtsgänge und einen Rückwärtsgang vor. Der schnellste Gang ist für eine Spitzengeschwindigkeit von 15—18 km/h ausgelegt. Da die Mobilbagger dieser Größenordnung alle Anforderungen der Zulassung für den Straßenverkehr erfüllen, können sie den Standortwechsel ohne eine besondere Genehmigung ausführen. Im Schlepp eines Lastkraftwagens dürfen sie 20 km/h erreichen. Die üblichen Arbeitswerkzeuge der Universalbagger sind bei den Kleingeräten mit 250 bis 300 l Inhalt besonders leicht auszuwechseln. Als Verbindung zwischen Unter- und Oberwagen ist bei allen deutschen Baggern dieser Größenklasse der zweireihige Kugeldrehkranz von Rothe Erde anzutreffen, der alle Druckbelastungen und Kippmomente aus dem Aufbau sicher auf den Unterwagen überträgt.

Bei einem Anbaugerät hängt die wirtschaftliche Arbeitsweise von der Schnelligkeit ab, mit der sich der An-



Abb. 2. Anbau-Grabeinrichtung auf einem Unimog. Tieflöffelinhalt 100 l; erforderliche Antriebsleistung 15 PS. (Demag-Baggerfabrik, Düsseldorf-Benrath.)

und Abbau ausführen läßt. Eine hydraulische Grabeinrichtung der Demag stellt die Verbindung mit dem Tragfahrzeug über drei Schnellverschlüsse her. Der Anbau an einem Unimog von Mercedes-Benz dauert 10—15 Minuten. Schon diese Zeit spiegelt die einfache und klare Konstruktion der Einrichtung wider. Die hohe Fahrgeschwindigkeit, die Wendigkeit und die anerkannt gute Geländegängigkeit des Unimog werden durch den Anbau der Grabeinrichtung nicht beeinträchtigt. Mit Hilfe einer Hydraulikanlage wird der Auslegerkopf mit den Stützfüßen zusammengelegt und auf die Ladepritsche hochgeklappt, wenn der Arbeitsplatz gewechselt werden soll (Abb. 2).

Während des Betriebes stützt sich der Anschlußpunkt des Auslegers auf zwei hydraulisch ausfahrbaren Füßen ab. Die hydrostatische Kraftübertragung ermöglicht eine einfache Betriebsweise. Alle Bewegungen werden über doppelt beaufschlagte Arbeitskolben eingeleitet, die von zwei Ölpumpen in getrennten Kreisläufen versorgt werden. Durch diese Trennung lassen sich gleichzeitig zwei Bewegungen unabhängig voneinander steuern. Der Schwenkbereich beträgt 180°.

Die gleiche Grabeinrichtung kann auch an den im letzten Jahr herausgebrachten Straßenfertiger der Dingler-Werke angebaut werden. Die Zweiachs-Zugmaschine des Fertigers wird dadurch zu einem Mehrzweckgerät, das auf der Straßenbaustelle nacheinander alle einschlägigen Arbeiten vom Aushub der Entwässerungs- und Rohrgräben über das Verteilen der Schotterlagen bis zum Einbau der bituminösen Decke übernehmen kann.

Auswechselbare Arbeitswerkzeuge verschiedener Art sind auch zur Ausrüstung eines 37-PS-Radschleppers von Massey-Ferguson vorgesehen. Der Schlepper kann z. B. eine Ladeschaufel, einen Heck-Anbaulöffel oder ein Heck-

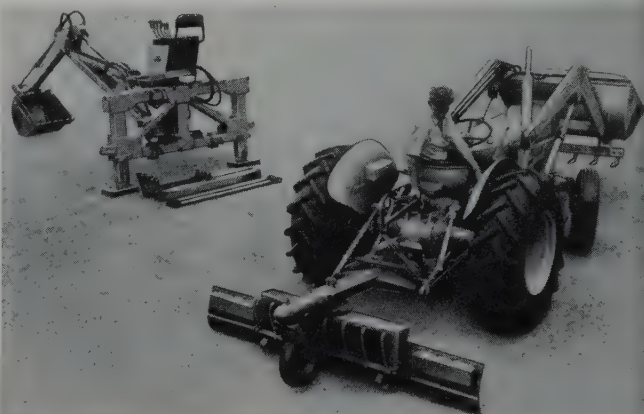


Abb. 3. Radschlepper mit auswechselbaren Anbauwerkzeugen. Motorleistung 37 PS. (Massey-Ferguson, Kassel.)

planiergerät aufnehmen (Abb. 3). Eine Besonderheit bietet der Anbaubagger dadurch, daß der Ausleger mit seinem Drehgelenk an dem am Schlepper anzubauenden Stütz-



Abb. 4. Kleinraupe mit angebaute Grabenlöffel. Löffelbreite 60 cm; Motorleistung 10 PS. (Schmiedag, Hagen/Westf.)

block wahlweise in der Mitte oder seitlich rechts bzw. links angeschlossen werden kann. Der Sitz des Bedienungsmannes mit der Hebele der hydraulischen Steuerung bleibt stets über dem Auslegerdrehpunkt. Mit seitlich angeschlossenem Löffel kann der Bagger beim Aushub von Gräben dicht an Wänden und Einfriedungen entlang arbeiten.

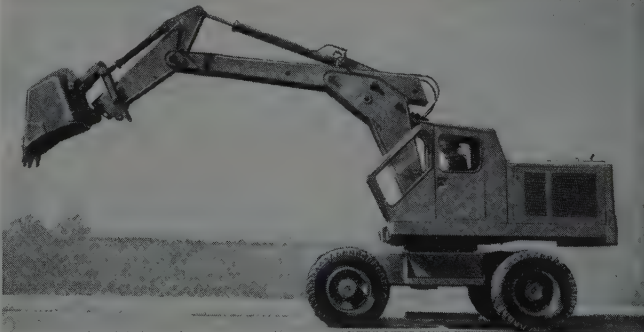


Abb. 5. Hydraulischer Mobilbagger. Löffelinhalt 750 l, Motorleistung 90 PS; Gewicht 16 t. (Liebherr, Biberach/Riß.)

Die Anbaueinrichtungen für die 10-PS-Kleinraupe der Schmiedag sind jetzt durch einen Grabenlöffel ergänzt worden. Der Ausleger wird in der Mitte des Gestelles der Ladeschaufel angebracht (Abb. 4). Die Löffelbreiten können sich der geforderten Grabenbreite zwischen 30 und 60 cm anpassen; als Aushubtiefe sind 1,50 m erreichbar. Der hydraulisch bewegte Löffel besitzt ausreichende Kraftreserven, um auch in festeren und mit Steinen durchsetzten Böden arbeiten zu können.

Ein neuer vollhydraulischer Bagger mit 750 l Löffelinhalt ist von Liebherr entwickelt worden. Bei ihm werden sowohl die Bewegungen des Löffels als auch das Fahren und Schwenken hydraulisch angetrieben. Der Unterwagen kann ein Raupenfahrwerk oder luftbereifte Räder besitzen (Abb. 5); er ist mit dem Aufbau durch einen doppelreihigen Kugeldrehkranz verbunden. Als Mobilbagger weist das Gerät zwei Geschwindigkeitsstufen auf. Bei den Arbeitsbewegungen lassen sich 9 km/h erreichen, auf dem Marsch liegt die Geschwindigkeitsspitze bei 17,8 km/h.

Bemerkenswert ist an dem Wechsellöffel des Gerätes der einfache Übergang von Hoch- zum Tieflöffel. Mit geringem Kraftaufwand läßt sich der Löffel an der Spitze seines Stieges um 180° drehen und in seiner neuen Lage mit dem Vorschubhebel der Hydraulik verbinden. Der Umbau ist in wenigen Minuten möglich.

Die Leistung des im Bauwesen seit einer Reihe von Jahren eingeführten 90-PS-Raupenschleppers von Klöckner-Humboldt-Deutz wurde auf 100 PS erhöht. Trotz der dazu notwendigen Drehzahlsteigerung von 1650 auf 1800 U/min behielt der luftgekühlte Dieselmotor die Charakteristik eines Drosselmotors. Zwischen dem Motor und dem Wechselgetriebe mit 5 Vorwärts- und 4 Rückwärtsgängen wird serienmäßig eine Flüssigkeitskupplung und eine Einscheibentrockenkupplung eingebaut. Die Flüssigkeitskupplung sichert ein weiches Anfahren und ein leichtes Schalten; darüber hinaus trägt sie zu einer Schonung des Getriebes bei schlagartigen Überlastungen bei.

Die Laufwerkschmierung des Raupenschleppers wurde von Fett- auf Ölschmierung umgestellt. Eine nennenswerte Einsparung am Wartungsaufwand ist dabei durch den Übergang zu einer 100-h-Schmierung erreicht worden. Diese Neuerung bedeutet, daß das Laufwerk der Raupe bei einrichtigem Betrieb auf der Baustelle jetzt nur noch in Abständen von 14 Tagen geschmiert werden muß.

Die Rheinstahl-Hanomag hat auf der diesjährigen Messe ihren 65- und 90-PS-Raupenschleppern ein neues, wesentlich stärkeres Gerät mit 140 PS Leistung an die Seite gestellt. Es wurde mit einem Planierschild und mit einer Ladeschaufel vorgeführt. Die unterschiedliche Beanspruchung des Fahrwerkes bei diesen beiden Ausrüstungen gab Veranlassung, die Gleisketten des Laders nach vorn um eine Laufrolle zu verlängern, um den Umlenktrassieren möglichst weit unter den Schwerpunkt der Schaufel zu

rücken. Die Stützachse des Raupenfahrwerkes ist bei beiden Ausrüstungen vor der Achse des Antriebstranges angeordnet.

Der Motor erreicht seine Nennleistung bei einer Drehzahl von 1700 U/min. Er ist als wassergekühlter Dieselmotor mit Gebläsespülung gebaut. Mit dem hydraulisch gekuppelten Getriebe ist der Übergang in die entgegengesetzte Fahrtrichtung ohne stufenweises Schalten möglich.

Für höchste Beanspruchung bei Arbeiten im Steinbruch ist die 270-PS-Planieraupe von Kaelble bemessen. Das 22 t schwere Grundgerät (Abb. 6) kann mit einem 4,50 m breiten und 1,20 m hohen Schwenkschild und mit einem 6,5 t schweren Gesteinsaufreißer ausgerüstet werden. Beide Werkzeuge lassen sich hydraulisch bewegen. Das Schild kann 500 mm unter Planum arbeiten und kann 1100 mm über Planum gehoben werden. Der Heckaufreißer besitzt eine Eindringtiefe von 870 mm.

Die Raupe wird von einem auf 270 PS gedrosselten 8-Zylinder-Motor mit Aufladung angetrieben. Für die Kraftübertragung besitzt sie einen hydraulischen Drehmomentwandler, eine mechanische Einscheiben-Kniehebelkupplung, ein 3-Gang-Vorwählgetriebe und ein im Ölbad laufendes Wendegetriebe. Im 3. Gang erreicht die Raupe eine Höchstgeschwindigkeit von etwa 13 km/h.

Von Technica wurde ein 57-PS-Raupenschlepper der Oliver-Corporation mit Planierschild und Ladeschaufel vorgeführt. Bemerkenswert ist an diesem Schlepper, daß er als Vertreter der mittelschweren Geräte ebenfalls einen Drehmomentwandler besitzt. Auch bei dieser verhältnismäßig kleinen Motorleistung kann der Übergang von Vorwärts- in den Rückwärtsgang, ohne vorher abzustoppen, eingeleitet werden. Die Zeit für das Anhalten, das Wiederanfahren und das erneute Wählen der zweckmäßigen Schaltstufe kann dadurch eingespart werden. Eine weitere Beschleunigung der Arbeitsweise wird durch eine schnelle Rückwärtsfahrt angestrebt. Im 4. Gang erreicht der Schlepper im Vorlauf eine maximale Geschwindigkeit von 10 km/h; für den Rücklauf ohne Last ist der 4. Gang für eine Höchstgeschwindigkeit von 13 km/h ausgelegt.

Um auf der Stelle zu wenden, kann der Fahrer die beiden Gleisketten des Oliver-Schleppers gegenläufig antreiben. Er kann aber auch eine Kette abbremsen und diese als Drehpunkt benutzen. Für einen großen Wendekreis ist es schließlich noch möglich, beide Raupen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in Bewegung zu setzen.

Aus der amerikanischen Produktion ist in Deutschland der Tornado von LeTourneau-Westinghouse (Technica, München-Düsseldorf) als Radschlepper mit Front- und Schwenkschild bekannt, der sich durch große Wendigkeit und hohe Fahrgeschwindigkeit auf der Erdbaustelle auszeichnet. Im vierten Gang erreicht er eine Höchstgeschwindigkeit von 28 km/h. Den Antrieb übernimmt ein 220-PS-Dieselmotor; alle Bewegungen des Gerätes werden elektrisch gesteuert.

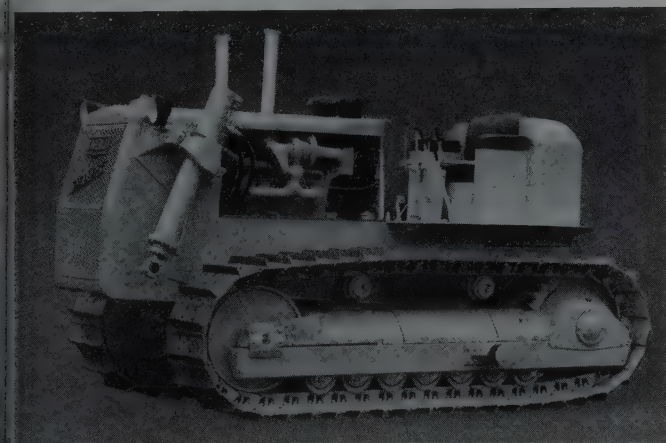


Abb. 6. Grundgerät einer schweren Planieraupe. Motorleistung 270 PS; Gewicht 22 t; Bodenpressung 0,53 kg/cm². (Kaelble, Backnang.)



Abb. 7. Radschlepper mit Räumschild. Schildbreite 3,60 m; Motorleistung 220 PS; Gewicht 19 t. (Henschel, Kassel.)

Ein neuer Radschlepper der gleichen Größenklasse von Henschel ist mit einem 3,60 m breiten, hydraulisch gesteuerten Räumschild ausgestattet (Abb. 7). Die Kraftübertragung zu den Antriebszahnradern der starr gekoppelten Räderpaare auf den beiden Seiten des Fahrgestelles übernehmen zwei hydrostatische Getriebe. Der Räumer hat zwei im Sand einstellbare Gänge: einen Arbeitsgang von 0 bis 8 km/h und einen Straßengang von 0 bis 16 km/h. Innerhalb dieser Gänge wird die Fahrgeschwindigkeit, das Lenken, das Bremsen und das Umschalten auf Vor- oder Rücklauf stufenlos geregelt, da sich die Drehzahlen der hydrostatischen Getriebe jeder Fahrzeugseite unabhängig voneinander einstellen lassen. Beim Wenden kann das Gerät sich durch gegenläufigen Antrieb der Räder auf der Stelle drehen.

Für Kran- und Gleisrückarbeit ist der Schlepper verwendbar, wenn er durch einen Seitenausleger und eine Seilwinde ergänzt wird. Mit einem Gegengewicht von 2,5 t erreicht der Seitenkran eine Hubkraft bis 12 t.

Der Straßenhobel ist heute das Universalgerät für alle Planier- und Unterhaltungsarbeiten auf der Baustelle. Jeder Praktiker bestätigt, daß der wirtschaftliche Erfolg eines gleislosen Förderbetriebes von der Pflege der Fahrstraßen abhängt.

Die langsame Entwicklung in Deutschland setzt in Erstaunen, wenn man vergleicht, daß bereits vor 5 Jahren 80 000 Straßenhobel auf den amerikanischen Baustellen tätig waren, während die deutschen Bauunternehmer zur gleichen Zeit insgesamt noch keine 100 Geräte besaßen.

Für seine vielseitigen Aufgaben benötigt der Straßenhobel eine hohe Beweglichkeit aller Arbeitswerkzeuge und

gute Fahreigenschaften im Gelände und auf der Straße. Für die Anfahrt zur Baustelle wird heute eine Mindestgeschwindigkeit von 40 km/h angestrebt, um mit dem Straßenhobel die Autobahn benutzen zu können. Die in Hannover aufgestellten Geräte wiesen Motorleistungen von 45 bis 130 PS auf. Bei den Dreiachs-Typen sichert der Tandemantrieb ein leichtes Überwinden von Hindernissen (Abb. 8); alle Bodenunebenheiten werden stark untersetzt auf das Hobelmesser übertragen.

Die Bewegungen des Messers und der Zusatzeinrichtungen werden im allgemeinen hydraulisch ausgeführt (Abb. 9). Die hydraulische Kraftübertragung wird zur Lenkung, zum Herausschwenken des Messerkranzes nach rechts oder links bis zur senkrechten Lage und zum Drehen des Messers um 360° verwendet. Durch Verstellen des Rad-

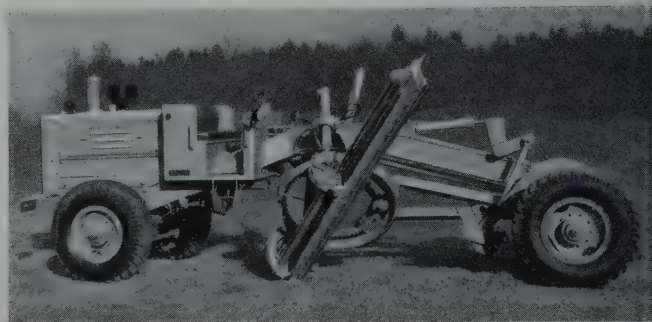


Abb. 10. Zweiachs-Straßenhobel mit Allradantrieb und Allradlenkung. Motorleistung 70 PS; Gewicht 7,5 t. (Rhein Stahl Hanomag, Hannover / Meiller, München.)

sturzes können sich die Vorderräder gegen den Seitenschub der Pflugschar stemmen. Der Arbeitsbereich der Pflugschar kann durch seitliches Hinausschieben wesentlich verbreitert werden. Die wichtigsten Ergänzungswerkzeuge des Straßenhobels sind Aufreißzähne hinter der Vorderachse und ein Frontschild am Kopf des Gerätes.

Bei einem neuen Zweiachs-Straßenhobel von Rhein Stahl Hanomag/Meiller wird die Lenkung und die Antriebskraft auf alle vier Räder übertragen (Abb. 10). Als Vorteile des Allradantriebs und der Allradlenkung sind sichere Fahrt und anpassungsfähige Beweglichkeit im Gelände zu erwähnen. Vorder- und Hinterachse können wegen der Allradlenkung mit versetzter Spur fahren. Der Radius des Wendekreises liegt unter 7,00 m.

Der von Linnhoff ausgestellte Bolinder-Straßenhobel besitzt mechanische Steuerung für alle Arbeitsbewegungen. Nur die Seitenverschiebung des Messers und die Hilfslenkung werden hydraulisch angetrieben. Die Drehbewegung der Motorwelle wird über einen Schaltgetriebekasten auf dem Bedienungsstand zu den Arbeitswerkzeugen geleitet. Zur Bruchsicherung gegen mechanische Überlastungen sind



Abb. 8. Straßenhobel mit Tandemantrieb. Motorleistung 50 PS; Gewicht 5,9 t. (Orenstein-Koppel, Dortmund.)

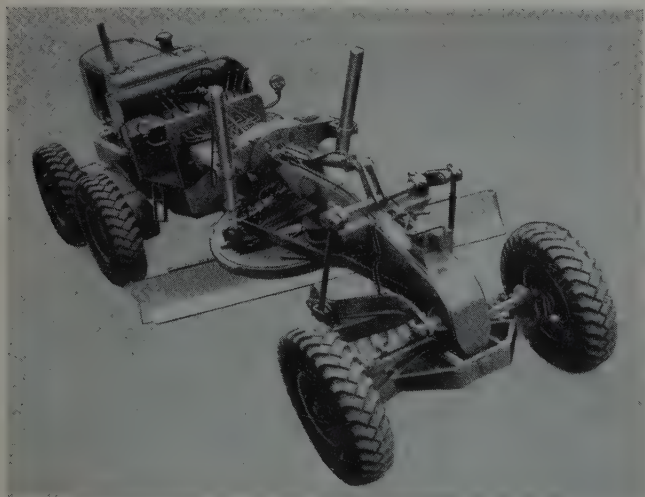


Abb. 9. Hydraulischer Straßenhobel. Motorleistung 105 PS; Gewicht 11,3 t. (Henschel, Kassel.)



Abb. 11. Motorschürfwagen mit hydrostatischem Hinterachs-Antrieb. Inhalt gestrichen 17,1 m³; Motorleistung 340 PS; Gewicht 28,6 t. (Henschel, Kassel.)

die geteilten Steuerwellen mit Abscherbolzen versehen, um das Getriebe vor Schäden zu bewahren.

Auf dem Gebiete der Motorschürfwagen trat Henschel mit einer Neuentwicklung in Erscheinung. Zu beachten ist bei diesem Wagen, daß neben dem mechanischen Antrieb der Vorderachse ein hydrostatisches Getriebe für den getrennten Antrieb der Hinterachse eingebaut ist (Abb. 11). In leichten und mittleren Böden läßt sich das

rch die Inanspruchnahme einer Schubraupe beim Füllen des Kübels entbehren.

Das Schürfen wird in der üblichen Arbeitsweise durch hydraulisches Absenken der Kübelschneide eingeleitet. Ist die Mulde gefüllt, so wird sie unter gleichzeitigem Schließen der Vorderklappe für die Fahrt zur Entladestelle angehoben. Der Kibel entleert sich dort bei hochgestellter Vorderklappe durch Kippen des Muldenbodens. Die Fahrgeschwindigkeit erreicht bei der vollen Drehzahl von 1000 U/min im 6. Gang einen Spitzenwert von 34,5 km/h. Mit eingeschaltetem Hinterachsantrieb ist eine Schürfgeschwindigkeit von 3,8 km/h vorgesehen. Die größte Schürftiefe beträgt 30 cm.

Von Allis-Chalmers (Schmidt u. Koch, Bremen) wurde bei dem neuen Typ des 340-PS-Motorschürfwagens die bisher verwendete Seilsteuerung verlassen und durch eine



Abb. 12. Motorschürfwagen mit hydraulischer Steuerung. Inhalt gestrichen 17,1 m³; Motorleistung 340 PS; Gewicht 28,6 t. (Allis-Chalmers Schmidt u. Koch, Bremen.)

llhydraulische Betätigung aller Kibelbewegungen ersetzt (Abb. 12). Der Kibel faßt gestrichen 17,1 m³; der Inhalt wird auf der Kippe durch hydraulisches Vorschieben der Rückwand ausgestoßen. Im gleichen Maße, wie sich der Auswerfer nach vorn bewegt, wird die vordere Muldenklappe angehoben, bis der Kibel restlos geleert ist. Das Gesamtgewicht des Wagens ist so verteilt, daß 66 % der Last auf der angetriebenen Motorachse liegen.

Eine Steigerung der m³-Leistung je Arbeitsstunde verrichtet LeTourneau-Westinghouse (Technica) für den 10,8-m³-Schürfwagen, wenn zwei Wagen zu einem Tandemspann zusammengefaßt werden. Der zweite Kibel mit ebenfalls gestrichen 10,8 m³ Inhalt wird dazu über der Hinterachse des ersten Kübels aufgesattelt. Die elektrisch gesteuerte Seilmechanik der Tournapull-Schürfwagen gestattet es, das Absenken der Kübelschneide, das Füllen und Entleeren der Mulde beider Wagen vom Sitz des Fahrers aus über der vor dem ersten Wagen liegenden Motorachse aus



Abb. 13. Erdtransportwagen. Nutzlast 22 t; Motorleistung 280 PS. (Friedr. Krupp, Essen.)

steuern. Das Tandemgespann fördert mit jeder Runde bei einer Motorleistung von 270 PS mit gehäufeter Ladung bis zu 27 m³ Boden.

Erdtransportwagen als Hinterkipper erreichen mit ihrer Motorleistung von 375 PS heute Nutzlasten bis 32 t; als Sattelanhänger können sie auf der Großbaustelle sogar

40 t befördern. Aus der großen Zahl der angebotenen Typen seien hier einige Beispiele der neueren Entwicklung herangezogen.

Der schwerste von Krupp ausgestellte Muldenkipper trägt 22 t und weist eine Motorleistung von 280 PS auf (Abb. 13). Der 7-Zylinder-Dieselmotor arbeitet als Zweitakter. Der kurze Achsstand des Zweiachs-Fahrzeuges bietet in Verbindung mit seiner großen Bodenfreiheit die auf



Abb. 14. Erdtransportwagen. Nutzlast 32 t; Motorleistung 300 PS; Leergewicht 20,5 t. (Kaelble, Backnang.)

der Baustelle unbedingt erforderliche Wendigkeit. Die Gesamtbreite von 3,40 m beschränkt den Einsatz des Wagens auf den Arbeitsbereich der Baustelle. Wird das Fahrgestell dieses Fahrzeuges als Zugmaschine für einen Mulden-Sattelanhänger verwendet, so können 40 t geladen werden.

Die Mulde des Dreiaxswagens von Kaelble faßt 17,5 m³. Der 8-Zylinder-Motor des Fahrzeuges leistet bei einer Drehzahl von 1600 U/min mit Aufladung 300 PS (Abb. 14). Das fünfstufige Schaltgetriebe mit einem angeflanschten Verteilergetriebe läßt die Wahl zwischen 10 Vorwärts- und 2 Rückwärtsgängen zu.

Eine 22-m³-Mulde mit Bodenentleerung trägt ein Faun-Sattelschlepper mit 3,80 m Radstand. Als typisches Baustellenfahrzeug ist es mit einem an die Seite der Motorhaube nach vorn gezogenen Einmann-Führerhaus ausgestattet



Abb. 15. Erdtransportwagen mit V-förmiger 16-m³-Mulde. Nutzlast 32 t; Motorleistung 375 PS; Leergewicht 22,5 t. (Le Tourneau-Westinghouse Technica, München-Düsseldorf.)

tet. Die Steigfähigkeit dieses Fahrzeuges mit einem Sattelzugsgewicht von 40 t beträgt im 1. Gang bei einer Geschwindigkeit von 3 km/h 34 %.

Die V-Form der 16-m³-Mulde eines Erdtransportwagens von LeTourneau-Westinghouse sichert eine tiefe Schwer-

punktlage und eine niedrige Ladehöhe. Trotz des geneigten Bodens der Mulde unterschreitet der Kippwinkel nicht den gebräuchlichen Wert von 70° . Der 375-PS-Dieselmotor arbeitet mit Aufladung. Für die Kraftübertragung wird ein Drehmomentwandler verwendet. Mit einer Drehzahl von 2400 U/min läßt sich im 4. Gang eine Höchstgeschwindigkeit von 62 km/h erreichen (Abb. 15).

Die Einführung des gleislosen Förderbetriebes im Tunnel- und Stollenbau kann sich nur durchsetzen, wenn Fahr-



Abb. 16. 7-m³-Zweiseitenkipper. Nutzlast 10 t; Motorleistung 78 PS; Leergewicht 12 t. (Faun-Werke, Nürnberg.)

zeuge für das meist begrenzte Lichtraumprofil des Stollenausbruches zur Verfügung stehen. Diesem Wunsch trägt ein neuartiger Zweiseitenkipper von Faun mit geringer Ladehöhe Rechnung (Abb. 16). Die auf den tiefegelegten Rahmen des Fahrgestells gesetzte Mulde faßt gehäuft 7 m³. Die Pendelfahrten im Stollen werden durch den Einbau eines Wendetriebs beschleunigt; in beiden Fahrtrichtungen stehen die gleichen 6 Geschwindigkeitsstufen zur Verfügung. Auf der Rückwärtsfahrt wird durch den Drehsitz des Fahrers und durch den Einbau von zwei unabhängig voneinander auf die Vorder- bzw. Hinterachse wirkende hydraulischen Lenkungen die Fahrsicherheit wesentlich verbessert.

Mit einer „Schwanenhals“-Kupplung läßt sich ein Einachs-Muldenkipper an der Hinterachse eines Radschleppers aufsatteln. Die tiefe Lage des Verbindungspunktes vor der Hinterachse führt eine günstige Lastverteilung herbei, ohne



Abb. 17. Anhänger-Hinterkipper mit „Schwanenhals“-Kupplung. Inhalt gestrichen 5,5 m³; Schleppermotor 50 PS; Gewicht 2,3 + 5,0 t. (Ford-Werke, Köln-Niehl.)

die Lenkfähigkeit des Schleppers zu stören. Die Schwanenhals-Kupplung ermöglicht Bewegungen in drei Ebenen. Durch die geschwungene Form des Verbindungsstückes zum Anhänger kann der Schlepper ohne Behinderung einen Einschlagwinkel von 110° nach rechts und links erreichen. Der Durchmesser des kleinsten Wendekreises liegt bei 9,00 m (Abb. 17).

Geräte zur Betonaufbereitung

Auch auf kleineren Baustellen hat sich heute das gewichtsmäßige Zuteilen des Bindemittels und der Zuschlagstoffe durchgesetzt, wenn ein hochwertiger Beton gefordert wird. Die Waagenindustrie hat diesen Wünschen weitgehend Rechnung getragen und liefert für alle Baustellen Geräte, deren Leistung und deren Betriebsweise auf die

jeweiligen Bedingungen zugeschnitten ist. Nach dem System sind Laufgewichtswaagen und Neigungswaagen mit Zeigerkopf zu unterscheiden. Die im Bauwesen vorherrschende Bauform ist die Gefäßwaage als Einzelwaage oder Gattierungswaage.

In der einfachsten Ausführung kann ein Wägegeß über dem Beschickerkasten des Mischers angeordnet werden oder der Aufzugskübel selbst wird als Wägebehälter

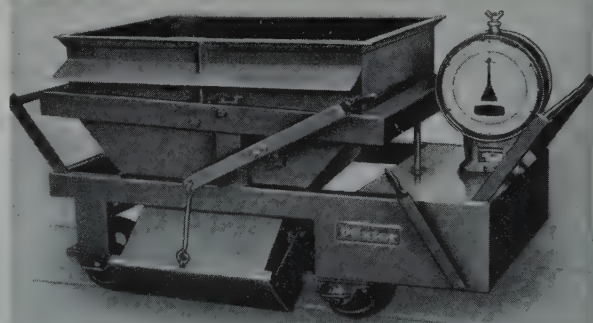


Abb. 18. Fahrbare Gattierungswaage mit Zeigerkopf. Wägebereich bis 2000 kg (Pfister, Augsburg.)

verwendet. Die Waagen können sich auch auf Schienen oder als Hängebahnwaagen unter den Vorratsbehältern bewegen (Abb. 18). Bei den Zementwaagen hat sich für kleinere und mittlere Leistungen das Aufhängen der Waage an einen Schwenkarm unter dem Zementsiloauslauf als zweckmäßig erwiesen.

Für den kontinuierlich arbeitenden Betrieb bieten sich die Bandwaagen an; da bei der Betonaufbereitung die Waagen nicht nur das Gewicht feststellen, sondern zugleich zuteilen sollen, werden auf der Baustelle im allgemeinen Dosierbandwaagen benötigt. Bei ihnen regelt das Wägesystem die Menge der zuströmenden Baustoffe entweder durch Steuerung des Auslaufschiebers am Siloverschluß oder durch Veränderung der Bandgeschwindigkeit. Zum Beschicken von Chargenmischern können auch Bandwaagen mit Vorwählzähler verwendet werden. Ist die eingestellte Gewichtsmenge über die Waage gelaufen, so schließt ein Schaltimpuls den Zulaufverschluß oder er setzt das Förderband still.

Auf der neuzeitlichen Betonbaustelle ist das Streben auf einen automatischen Betriebsablauf der aneinander gereihten Vorgänge des Zuteilens und Mischens gerichtet. Die Waage übernimmt dann als Dosiergerät die Funktion eines Steuerorgans. Mit dieser selbsttätigen Steuereinrichtung lassen sich Siloverschlüsse öffnen und schließen, Förderbänder ein- oder ausschalten und die einanderfolgenden Arbeitsvorgänge einleiten. Zur Steuerung aller Bewegungen dient ein Vorwählgerät, das mit der Waage verbunden wird.

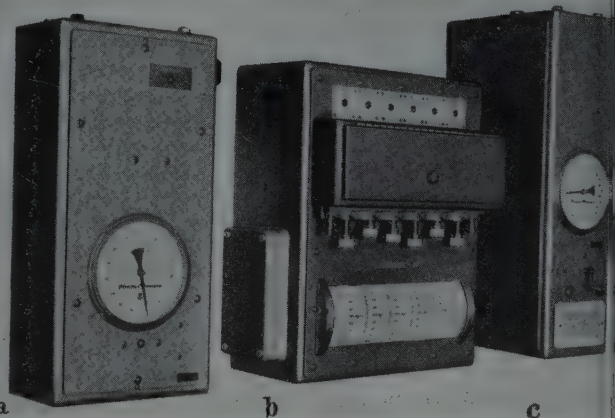


Abb. 19. Gewichts-Vorwählgeräte. a) Einfach-Vorwählgerät; b) Mehrkomponenten-Vorwähler mit Schablonensteuerung (6 Korngruppe); c) Zwölfach-Vorwählgerät. (Pfister, Augsburg.)

Bei einem Einfach-Vorwähler (Abb. 19 a) wird die benötigte Gewichtsmenge eingestellt. Beim Zuteilen gibt das Vorwählergerät den Impuls zum Beginn und zur Beendigung des Zulaufes. Vor dem Schließen der Siloklappe wird bis zum Erreichen des vollen Gewichtes die zulaufende Menge langsam vermindert. Bei häufigem Übergang zu anderen Kornzusammensetzungen vermeidet man das Umstellen, indem man die Waagen mit Vorwählergeräten ausstattet, die mehrere Gewichtswerte speichern können (Abb. 19 c).

Zum Wägen mehrerer Korngruppen in einer Gattierungswaage wird ein Mehrkomponenten-Vorwähler benötigt, mit dem sich die zugeteilten Mengen aus bis zu sieben Vorratssilos abziehen und addieren lassen. Bei diesem Gerät ist es möglich, den Übergang zu einem anderen Mischrezept durch Schablonen- oder Lochkartensteuerung zu erleichtern (Abb. 19 b).

Besondere Maßnahmen sind bei der Zementzugabe erforderlich, da die Neigung des Zements zum Schießen tödliche Veränderungen in der zufließenden Menge herbeiführt. Hier haben sich mit der Waage gekoppelte Fördernecken oder Zellenräder bewährt, deren Antrieb ebenfalls von einem Vorwähler gesteuert wird.

Der Einsatz von Handschrappern in Verbindung mit einer Zuteilwand, aus der die einzelnen Korngruppen der Zuschlagstoffe nacheinander abgezogen werden, hat auf allen Betonbaustellen mittlerer Leistung eine weite Verbreitung gefunden. Vom Elba-Werk wurde das Kernstück einer derartigen Anlage (Abb. 20) so konstruiert, daß es beim Baustellenwechsel im Schlepp eines Lastkraftwagens verfahren werden kann. Der Grundrahmen wird dazu auf eine luftbereifte Achse gesetzt. Die Außenabmessungen lassen sich durch Entfernen der Füße

und durch Einziehen des Schrapper-Drehkranzes mit Hilfe der teleskopartig ausgebildeten Stützen wesentlich verkleinern. Sie bleiben nun in den zulässigen Grenzen für den Straßenverkehr.

Der dreiteilige Aufbau dieses Gerätes bietet die Möglichkeit, es stets so einsetzen zu können, wie es die jeweilige

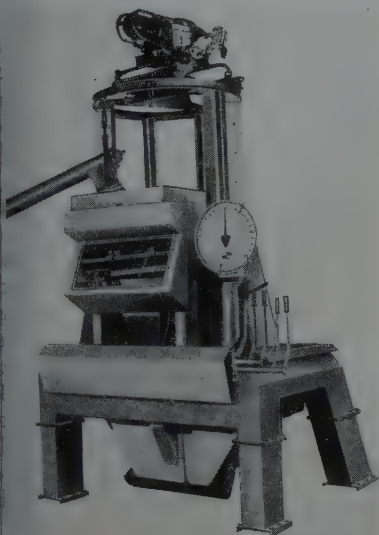


Abb. 20. Fahrbare Zuteilanlage zur Betonvorbereitung mit Zuschlagstoff- und Zementwaage mit aufgebauter Schrapperwinde. Wägebehälter 400 bis 2000 l, Drehhöhe 3,10 m. (Elba-Werk, Ettlingen.)

und durch Einziehen des Schrapper-Drehkranzes mit Hilfe der teleskopartig ausgebildeten Stützen wesentlich verkleinern. Sie bleiben nun in den zulässigen Grenzen für den Straßenverkehr.

Der dreiteilige Aufbau dieses Gerätes bietet die Möglichkeit, es stets so einsetzen zu können, wie es die jeweilige

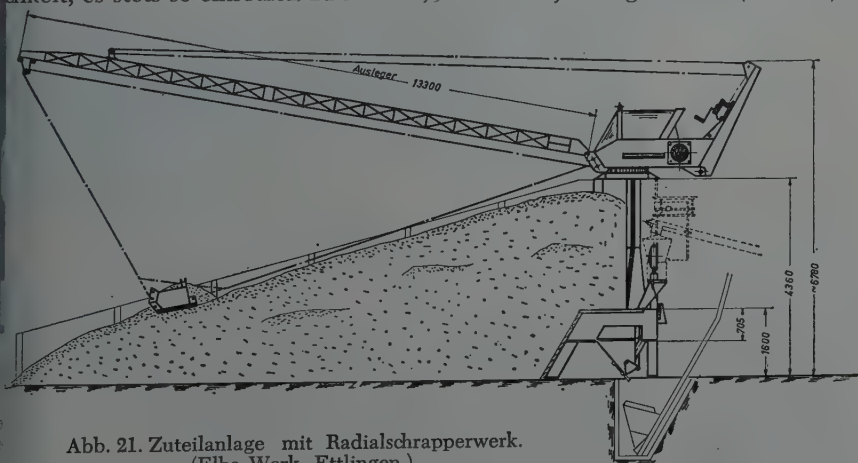


Abb. 21. Zuteilanlage mit Radialschrapperwerk. (Elba-Werk, Ettlingen.)

Baustelle erfordert. Bei kleineren Betonleistungen genügt es, nur den Grundrahmen mit einem zum Mischer passenden Wägebehälter aufzubauen, um die Zuschläge mit der Gattierungswaage zu wägen.

In der zweiten Stufe steht über dem Grundgerät das ausgefahrene Gestell mit der Schrapperwinde. Zwischen den Stützen werden die Abschlußwände der sternförmig angeordneten Baustoffächer mit den von Hand oder elektrisch gesteuerten Verschlüssen eingefügt. Die Anlage übernimmt in dieser Form das Zuteilen und das Wägen der Zuschlagstoffe. In der Endstufe vervollständigt eine getrennte Zementwaage über dem Hauptwägebehälter die Ausrüstung.

Reicht die Leistung eines Handschrappers für das Herbeischaffen der Zuschlagstoffe nicht aus, so bietet der Drehtisch auch Platz wie eine zweite Winde. Noch höhere Leistungen sind von einer Schrapperbrücke mit Bedienungssitz oder von einem neuartigen Radialschrapperwerk zu erwarten (Abb. 21). Beim Radialschrapperwerk läuft das Rückzugseil über einen langen Gitterausleger. Der Sitz des Bedienungsmannes mit den Windwerken und den Steuerhebeln ist auf dem Drehkranz untergebracht. Die Arbau verwendet für eine ähnliche Anordnung den Oberwagen eines Fuchs-Baggers mit dem zugehörigen 15-m-Ausleger.

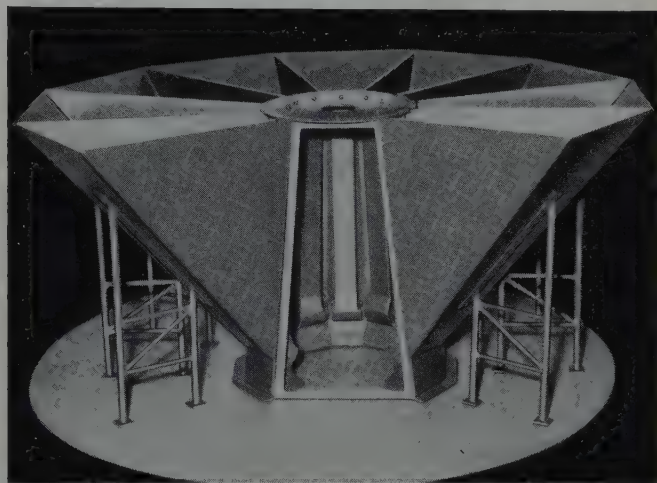


Abb. 22. Taschenzuteiler für neun Zuschlagstoff-Korngruppen. Tascheninhalt je 8 m³. (Arbau, Heidelberg.)

Für Anforderungen, die das Leistungsvermögen des Schrapperbetriebes übersteigen, ist ein neuartiger Taschenzuteiler entwickelt worden, der bis zu neun Korngruppen in Mengen von je 8 m³ für das Beschießen des Mixers bereithält (Abb. 22). Die auf einer

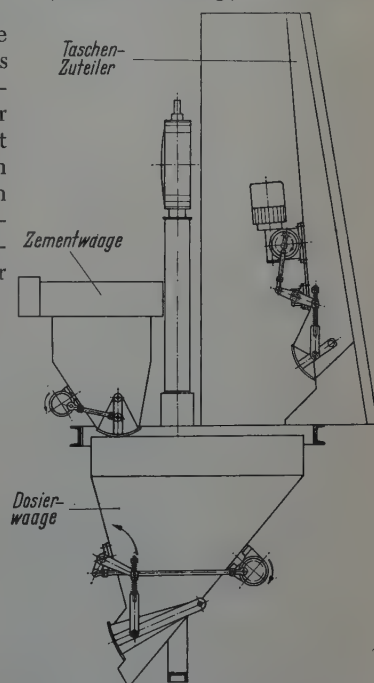


Abb. 23. Elektromotorische Klappenbetätigung des Taschenzuteilers. (Arbau, Heidelberg.)

Rohrkonstruktion ruhenden Stahlblechtaschen sind strahlenförmig um eine Zuteilwand angeordnet. Die Verschlüsse lassen sich von Hand oder bei höheren Leistungen elektromotorisch betätigen (Abb. 23). Im Mittelpunkt der Anlage nehmen zwei Waagen die zufließenden Zement- und Zuschlagstoffmengen auf.

Zur technischen Vervollkommenung dieses Zuteilers kann ein Vorwählgerät mit der Waage verbunden werden und das Öffnen und Schließen der Klappen steuern. Taschenzuteiler mit automatischer Wägeeinrichtung haben sich auch auf Straßenbaustellen bewährt. Im bituminösen Straßenbau ist es möglich, mit dem Taschenzuteiler die Körnungen bereits vor der Aufgabe in die Trockentrommel nach Gewichtsanteilen zusammenzustellen. Die kontinuierliche Aufgabe der zugewogenen Teilmengen bietet die beste Gewähr für einen gleichbleibenden Kornaufbau mit einem engen Streubereich der Sieblinie.

Bei stationären Betonanlagen und bei Baustellen mit längerer Betriebszeit sind für hohe Dauerleistungen grundsätzlich Anlagen mit horizontaler und vertikaler Gliederung zu unterscheiden. Erhält eine Reihenanlage einen Chargenmischer, so ist unter jedem Zuschlagstoffsilo eine besondere Waage anzuordnen, die mit dem elektropneumatisch arbeitenden Dosierschluß des Silos und mit einem Gewichtsvorwählgerät gekoppelt ist. Die Wägebehälter

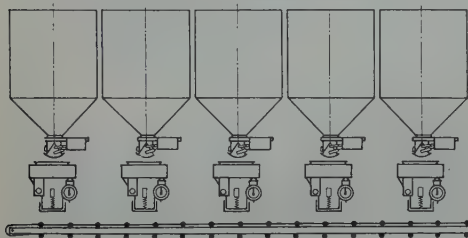


Abb. 24. Reihenanlage für 5 Körnungen mit getrennter Zementzugabe. (Pfister, Augsburg.)

werfen ihren Inhalt auf ein Sammelband, das die zugewogenen Kornanteile einem Vorsilo über dem Mischer zuführt (Abb. 24). Die schnelle Zeitfolge beim Zuteilen läßt es zu, daß je nach der geforderten Betonleistung ein oder mehrere Mischer abwechselnd bedient werden.

In den vertikal gegliederten Anlagen liegen die Vorratsilos, die Waagen, der Vorsilo und die Mischer mit dem Verladesilo untereinander. Die Behälter der Körnungen erhalten über ein Schrägband mit einem Drehverteiler den Nachschub zur Sicherung des pausenlosen Betriebes (Abb. 25). Der Zement wird im allgemeinen im Innenraum des oberen Turmteiles zwischen den Gesteinsfächern gelagert und pneumatisch eingebracht. Im Betrieb hat es sich als zweckmäßig erwiesen, Mischtürme mit mehr als 100 m³/h Betonleistung mit Einzelwaagen für alle Körnungen auszurüsten; der Zulauf aus jedem Behälter ist dann in etwa 10 bis 15 s abgeschlossen. Bei Leistungen unter 100 m³/h reicht der Einbau eines gemeinsamen Wägebehälters mit einer Gattierungswaage aus.

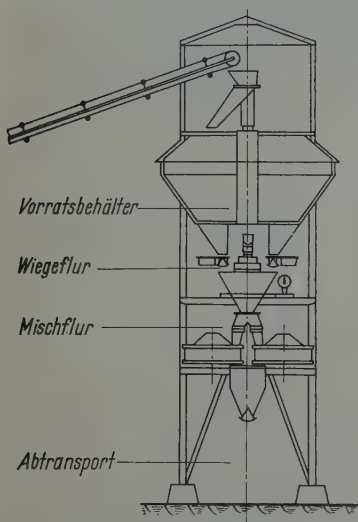


Abb. 25. Mischturm mit vertikalem Betriebsablauf. (Ibag, Neustadt/Weinstraße.)

Alle Vorgänge beim Dosieren und Mischen lassen sich sowohl bei den Reihenanlagen, also auch bei den Betonmischern, vom Schaltpult des zentral gelegenen Kommandostandes aus überwachen und steuern. Der Betrieb kann halb- oder vollautomatisch ablaufen. Ein Leuchtschaubild oder ein System von farbigen Lampen erleichtert die Ko-

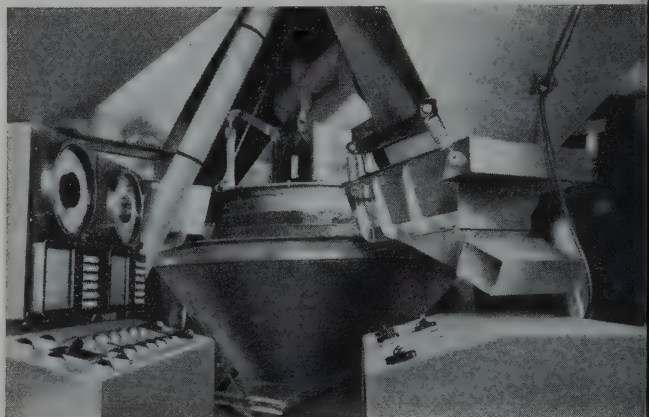


Abb. 26. Steuerpult und Wägebehälter unter den Siloausläufen eines Mischturms. (Liebherr, Biberach/Riß.)

trolle des Gesamtablaufes und zeitliche Störungen in der Baustoffzufuhr oder Fehler bei den Steuerorganen an.

Beim Liebherr-Mischturm werden die Zuteilvorgänge elektronisch gesteuert. Stahlplatten-Schablonen für jedes Mischrezept ermöglichen einen kurzfristigen Übergang auf eine andere Betongüte, ohne den Betrieb unterbrechen zu müssen (Abb. 26). In diesem Turm sind unter den Siloausläufen elektromagnetisch bewegte Förderrinnen angeordnet, die dem Wägebehälter die benötigten Mengen jeder Korngruppe zuführen.

Fördergeräte

Eine neuartige Form des Aufbaues wendet Peine bei einem neuen Hochbaukran mit maximal 63 m Rollhöhe an. Da der Mast aus Gitterstücken von je 2,50 m Höhe zusammengesetzt wird, ist er besonders für den Ab-

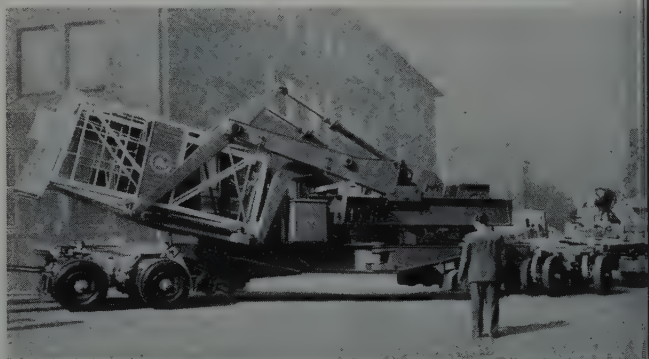


Abb. 28. Straßentransport des Kranunterwagens und des Gittermastkopfes mit Führerstand auf Tiefladern. (Norddeutsche Maschinen- und Schraubenwerke, Peine.)

transport durch winkelige Straßen und für den Einsatz auf engen Baustellen zugeschnitten. Auf dem Wege zum Bauplatz werden die Mastteile, der Ausleger und der Unterwagen getrennt befördert. Als Hauptteil ruht dabei der Unterwagen mit dem Mastkopf auf zwei Tieflader-Doppelachsen (Abb. 28).

Für den Aufbau drückt eine hydraulische Hubvorrichtung den Mastkopf mit dem bereits angebauten Ausleger

so weit in die Höhe, daß auf einer Gleitbahn von unten ein Mastschuß herangeführt und angeflanscht werden kann (Abb. 27). Der Gittermast erreicht so eine Höhe von 34 m. Während des Aufbaues ruht der Mast auch bei Windbelastung sicher in dem am Unterwagen befestigten Hubgestänge. Mit den schwenkbaren Spreizholmen des Fahrwerkes ist das Befahren einer kleinsten Schienenkrümmung mit 5 m Radius möglich.

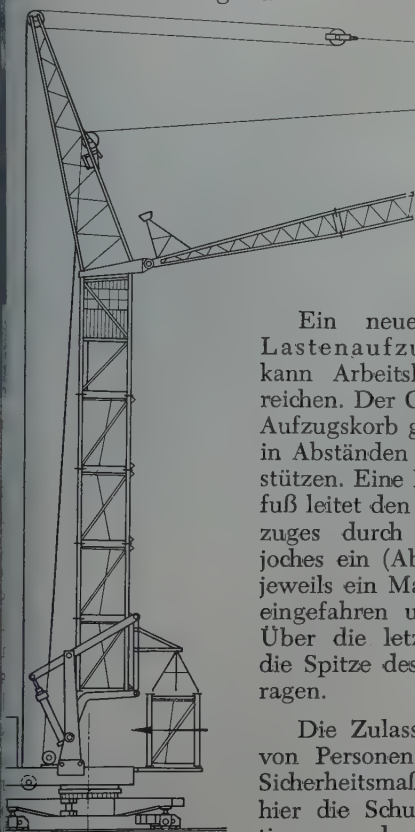


Abb. 27. Aufbau eines Turmdrehkranes mit 2,50 m hohen Maststücken. Größte Rollenhöhe 63,35 m; zugehörige Ausladung 12,00 m; zugehörige Tragkraft 4,8 t. (Norddeutsche Maschinen- und Schraubenwerke, Peine.)

Ein neuer Personen- und Lastenaufzug für den Baubetrieb kann Arbeitshöhen bis 100 m erreichen. Der Gittermast, an dem der Aufzugskorb geführt wird, muß sich in Abständen von 12 m am Bau abstützen. Eine Kletterwinde im Mastfuß leitet den Selbstaufbau des Aufzuges durch Anheben des Kopfjoches ein (Abb. 29). Dadurch kann jeweils ein Maststück von 3 m Länge eingefahren und befestigt werden. Über die letzte Befestigung kann die Spitze des Mastes 15 m hinausragen.

Die Zulassung zur Beförderung von Personen erfordert zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen, von denen hier die Schutztüren an allen Stationen und die durch einen Geschwindigkeitsregler beeinflusste Fangvorrichtung erwähnt seien. Der Aufzug hält an den vorgewählten Stockwerken;

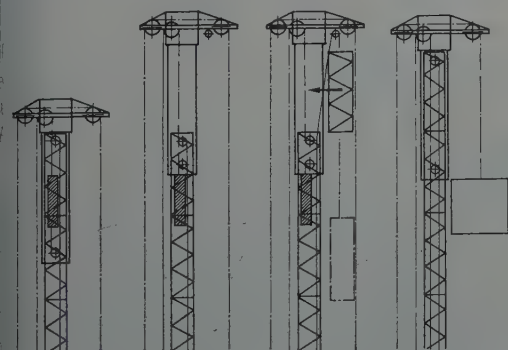


Abb. 29. Verlängerung des Mastes eines Baustellen-Personen- und Lastenaufzuges. Betriebshöhe bis 100 m; zulässige Belastung 10 Personen oder 850 kg. (Schwing, Wanne-Eickel.)

Druckknöpfe für die Bedienung sind an den Zugängen und im Innern des Fahrkorbes angebracht. Die Türen an allen Stationen lassen sich nur öffnen, wenn der Korb dort hält.

Auf weitverzweigten Baustellen mit langen Förderwegen kann eine von Schwing entwickelte Einschiene-Hängebahn mit geringem Zeitaufwand aufgebaut werden. Die unbemannten Wagen mit Pritschen oder Kübeln zur Aufnahme der Lasten sind pendelnd an einer I-Stahlschiene aufgehängt, die in Abständen von 6 m unterstützt wird (Abb. 30). Über Weichen und Drehscheiben sind alle Punkte der Baustelle erreichbar. Der Schienenweg läuft in einer Höhe von rd. 1,75 m über dem Gelände; es können Steigungen bis 1 : 3 und Krümmungen bis 3 m Radius befahren werden.



Abb. 30. Einschiene-Hängebahn. Kübelinhalt 375 l; Motorleistung 9 PS. (Schwing, Wanne-Eickel.)

An den Haltepunkten kuppeln die an den Laufschiene angebrachten Anschläge den Wagenantrieb aus. Zwischen dem 9-PS-Dieselmotor und dem Gummi-Reibrad-Antrieb ist ein gekapseltes Ölbadwendegetriebe angeordnet, das an den Endpunkten der Fahrstrecke auf Vor- oder Rückwärtsfahrt geschaltet werden kann. Die Wagen laufen mit einer Geschwindigkeit von 60 m/min über die Strecke. Auf Steigungen unter 1 : 5 ist der Fahrbetrieb mit einem Anhänger-Kübel zur Erhöhung der Förderleistung möglich.

Energieversorgung der Baustelle

Nach den „Anschlußbedingungen für elektrische Anlagen auf Baustellen“ sind für die Energieversorgung Anschluß-Verteilerschränke, Anschlußschränke und Verteiler-

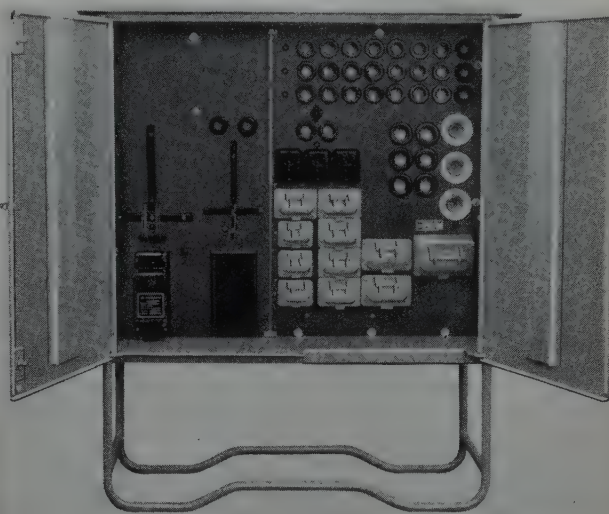


Abb. 31. Anschluß-Verteilerschrank für die Baustelle. Nennstrom 200 A; Gewicht 140 kg. (Zentro-Elektrik, Pforzheim.)

schränke vorgesehen. Sie sind in Metall oder aus schwer entflammaren Kunststoffen gleicher mechanischer Festigkeit auszuführen. Als Schutzmaßnahmen müssen sie einen Fehlerstromschutzschalter zur Sicherung gegen zu hohe Berührungsspannungen enthalten, der bei einem Auslösestrom von 0,3 bis höchstens 1 A anspricht. Zur Ausrüstung der Schränke gehört eine zuverlässige Erdung.

Von einem überall verwendbaren Baustellen-Verteiler muß gefordert werden, daß er für den Anschluß an alle vorkommenden Netzspannungen ohne schwieriges Umschalten geeignet ist und daß die Schutzschaltung in jedem Netz wirksam wird. Überdies sollte der Kraftstromkreis der Baustelle sich getrennt vom Lichtstromkreis der Baustelle abschalten lassen. Die Schränke werden nach dem Nennstrom der Sicherungs-Unterteile der Hauptsicherungen bezeichnet. Sie werden in den Größen 25, 60, 100 und 200 A gebaut. In einem 380-V-Drehstromnetz reicht ein Verteilerschrank mit 200 A Nennstrom bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,7 etwa für einen Anschlußwert von 154 kW aus (Abb. 31).

Der verschließbare Stahlblech-Schrank nimmt im linken Teil die Anschlußsicherungen, den FI-Schutzschalter, den Schalter für die Netzsicherung von 220/380 V auf 3 × 220 V und die Plätze für je einen Zähler im Kraft- und Lichtstromkreis auf; das Verteilerbrett rechts trägt drei Kontrolllampen und die Abnehmersicherungen und Steckdosen für die anzuschließenden Stromkreise. Beide Tafelteile sind zum Überprüfen der Verdrahtung ausschwenkbar.

Weiterentwicklung von Baustoffen und ihren Anwendungen auf der Hannoverschen Messe

Von Prof. Dr.-Ing. F. Pilny, Berlin

DK 691 : 061.43 (43-2.27) „1960“

Auf der Hannoverschen Messe, die sich von Jahr zu Jahr in ihrem Umfang und in ihrer Ausdehnung vergrößert, haben die Baustoffe einen relativ kleinen Anteil. Trotzdem gewinnt man aber aus den zur Schau gestellten Fabrikaten und auf Grund von Aussprachen mit anwesenden Spezialisten ein deutliches Bild davon, in welcher Richtung die Baustoffentwicklung besonders rasch fortschreitet. Man muß der deutschen Baustoffindustrie Anerkennung zollen, daß sie es in rühmlichster Weise versteht, rasch die neuen Möglichkeiten, die ihr von seiten der Chemie geboten werden, zu nutzen und so die Entwicklung voranzutreiben.

Unter den Kunststoffen besonders hoher Festigkeit zeichnen sich u. a. die Gießharze (Versamide) dadurch aus, daß sich ihre mechanischen Eigenschaften weitgehend dem Verwendungszweck anpassen lassen. Bei kaum vorhandenem Schwinden und sehr geringer Wasseraufnahme erreichen sie eine Biegezugfestigkeit von etwa 900 bis 1000 kg/cm². Durch Bewehrung mit Glasfasern läßt sich diese noch bis zu 5000 kg/cm² steigern. Diese guten mechanischen Eigenschaften nutzt man nun in verschiedenen Arten von Verbund-Bauplatten dadurch aus, daß man die Kunststoffschicht in die Außenhaut legt, während als Kernmaterial Hartschaum die thermischen und akustischen Aufgaben übernimmt. Die Wärmedämmung entspricht bei 30 mm Verbundplattendicke einer 60-cm-Ziegelmauer! In der Ausführung als Waben- und Rasterplatte wird darüber hinaus eine Lichtdurchlässigkeit bis zu 40 % bei einem beachtenswert geringen Gewicht von 4 kg/m² erzielt.

Harzkombinationen mit Epoxyharz ermöglichen auch, Quarzsand betonartig so zu binden, daß der entstehende „Mörtel“ 1000 kg/cm² Druckfestigkeit bei 350 kg/cm² Zugfestigkeit aufweist. Wegen der raschen Aushärtung kann dieser zu Ausbesserungsarbeiten bei Betonböden vorteilhaft verwendet werden.

Ketten aus glasbewehrten Kunststoffen dieser Art sind sowohl äußerst leicht als auch feuchtigkeits- und kälteunempfindlich. Sie widerstehen sehr vielen chemischen Angriffen und haben 65 bis 90 % der Festigkeit von Stahlketten gleicher Abmessung. Ihr Sicherheitsgrad wird jedoch zur Zeit noch etwas höher angesetzt. Der Preis bedingt auch, daß man sie nur dort einsetzt, wo ihre Vorteile eindeutig genutzt werden.

Eine weitere Anwendung glasbewehrter Kunststoffe gaben schon früher die Lichtkuppeln, die jetzt zum Teil in vereinfachter Konstruktion nur unter die Dachhaut geklebt und auch in zwei- oder dreifachen Lagen mit Luftzwischenräumen wärmeisolierend ausgeführt werden. Für Hallendächer ist außerdem eine in Art der SHED-Dächer wirkende Kunststoffplatte auf dem Markt, die nur 35 % der Sonnenwärme durchläßt und die einzubauende Raumklimatisierung dadurch entsprechend verbilligt.

Montageleime aus Reaktionsprodukten von Versamid und Epoxyharz kleben wegen ihrer vorzüglichen Haftung

Metall, Holz, Glas, Mauerwerk und Kunststoffe, also praktisch jedes Material.

An die Seite der bisher hauptsächlich üblichen, meist offenporigen Polyurethan-Schäume treten jetzt auch immer häufiger die PVC-Schäume, die auch geschlossenporig hergestellt werden — als Dichtungen oder Geräuschdämmplatten verwendet — und dann fast kein Wasser aufnehmen.

Auf dem Gebiete der Betons ist neben den bisher bekannten Ytontsorten B 25 und B 50 auch ein Isolierbeton Y 0,4 mit 400 kg/m³ Raumgewicht erhältlich.

Der immer mehr fortschreitenden Verbreitung des Sichtbetons Rechnung tragend, sind von einigen Firmen Anstriche herausgebracht worden, die neben guter Wetterbeständigkeit auch chemische Widerstandsfähigkeit gegen verdünnte Säuren, Laugen, alkalische Waschmittel, Alkohole und Treibstoffe sowie hohe Abriebfestigkeit garantieren.

Hartbetonsteine mit weißer Deckschicht können im Baukastensystem zur dauerhaften Farbenmarkierung in der Straßenbelag eingesetzt werden und versprechen, auch bei großer Staubentwicklung gut sichtbar zu bleiben.

Keramische Kacheln haben bei Wandbelägen durch Kunststoffplatten gleicher Größe eine Konkurrenz erhalten. Diese werden aufgeklebt und haben den Vorteil, daß sie auch um Ecken — vorsichtig erwärmt — nahezu kantig gebogen werden können.

Bei Becherbändern bieten Mann an Mann eingebaute Becher, die zwischen endlosen, mit Stahlseil bewehrten, zusammenvulkanisierten und verzahnten Zuggurten aus Kunststoff angeordnet sind, den Vorteil, daß sie an den Umlenkstellen „arbeitend“ bedeutend besser entleeren als starre Stahlmulden.

Das altbekannte Streckmetall, bei dem Blechtafeln durch regelmäßiges Einstanzen und Strecken zu gitterartigen Gebilden verarbeitet werden, wird neuerdings in vorteilhaft wirkenden, abgewandelten Mustern hergestellt und findet z. B. eine neue Anwendung als Blendschutz im Mittelstreifen der Autobahnen. Durch die Breite der verbleibenden Blechstäbe wird es nämlich unter einem bestimmten Blickwinkel undurchsichtig, gestattet aber die seitliche Durchsicht.

Nicht unerwähnt soll schließlich ein synthetisches Papier bleiben, das bei 4200 m Reißlänge höchste Festigkeit mit geringstem Feuchtigkeitsgang (0,048 % bei Änderung der relativen Luftfeuchtigkeit von 65 auf 86 %) vereint.

Es ist zu hoffen, daß durch die steigende Nachfrage die Produktion neuartiger Baustoffe laufend größeren Umfang annimmt und daß die fallenden Gesteungskosten mit der Zeit die Anwendung vom Sonderfall zum Normalfall hin verschieben.

Bei vielen Stoffen konnte der Erzeuger bereits aus Anwendung und Rückschlägen wertvolle Lehren ziehen. Fortdauernde wechselseitige Anregungen dieser Art versprechen auch für die Zukunft rasche Fortschritte.

Weitere Baumaschinen auf der Deutschen Industriemesse 1960 in Hannover

DK 69.002.5 : 69.057 : 061.43 (43-2.27) „1960“

Schwere Tandem-Rüttelwalze

Ein hohes Eigengewicht von 5 t weist die neue Tandem-Rüttelwalze, Typ VVW 450, von Weller, Düsseldorf, auf. Durch Füllung der Vorderwalze kann das statische Arbeitsgewicht auf 8 t erhöht werden. Zur Verbesserung der Kurvenfahrt ist die Bandage der 1100 mm breiten hydraulisch gesteuerten Lenkwalze unterteilt (Abb. 1). Die angetriebene Hinterwalze führt stufenlos

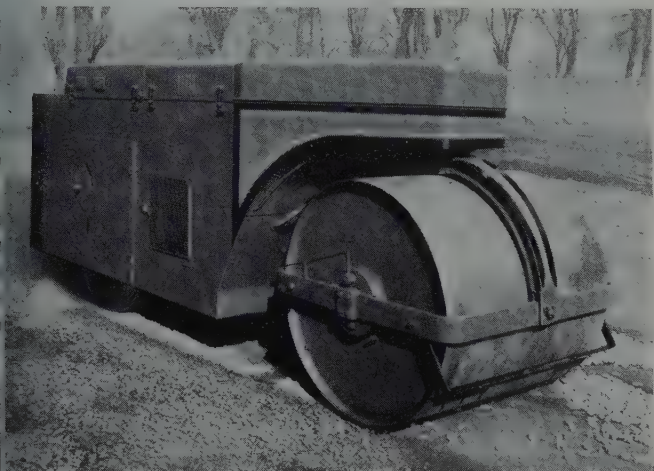


Abb. 1. Tandem-Rüttelwalze „VVW 450“. Betriebsgewicht 5–6 t; Valzendurchmesser vorn und hinten 1100 mm; Motorleistung 25 PS.

verstellbare Schwingungen in einem Frequenzbereich bis 67 Hz aus. Der Fahrtrieb der Walze ist im Vorwärts- und Rückwärtslauf für drei Geschwindigkeitsstufen ausgelegt. Im Schnellgang, der für die Anfahrt zum Arbeitsplatz vorgesehen ist, erreicht sie 40 km/h. Der Dieselmotor für den Fahr- und Rüttelantrieb leistet 25 PS.

Kombinierte Dreiradwalze

Von den ABG-Verken, Hameln, wurde eine serienmäßige Henschel-Dreirad-Straßenwalze mit 8 t Grundgewicht für den kombinierten Einsatz als Gewichtswalze und als Rüttelwalze eingerichtet (Abb. 2). Die Lenkwalze ist als Rüttelwalze ausgebildet; die Welle des Vibrators wird durch einen Ölmotor



Abb. 2. Kombinierte Dreiradwalze „Vibrostat“. Betriebsgewicht 8,2 bis 10,4 t; Motorleistung 55 PS.

angetrieben. Ihre Erregerfrequenz ist stufenlos zwischen 0 und 67 Hz regelbar. Durch die großen Abmessungen der Walzenkörper sind gute Fahreigenschaften bei der Walzarbeit zu erwarten.

Um auf der gesamten Walzbreite der 1,92 m breiten Spur der Hinterräder rütteln zu können, besitzt die 1,40 m breite Vorderwalze eine hydraulisch gesteuerte Ausschwenkeinrichtung, mit der sie sich nach beiden Seiten an die Außenränder der hinteren Bandagen versetzen läßt. Das seitliche Ausfahren der Vorderwalze kann im Stand oder auch während der Fahrt ausgeführt werden.

Zur Grundausrüstung des Gerätes gehört eine Berieselungsanlage für die Bandagen, die mit Druckwasser arbeitet. Den Druck bei der Berieselung erzeugen die in den Wassertank geleiteten Auspuffgase.

Rüttelplatte

Eine neue Rüttelplatte von Gebr. Wacker, München, erhielt zur Erleichterung der Bedienungsarbeit eine Nachlaufachse mit einem gefederten Fahrersitz (Abb. 3). Die Räder der Achse können mit ihren Kugellager-Achsstummeln für den Straßen-transport des Gerätes seitlich an der Grundplatte befestigt werden. Die Führungsstange zum Lenken des Rüttlers mit dem Gashebel zum Regeln der Schwingungszahl ist beim Verladen abnehmbar.

Für den Antrieb des Unwuchtläufers auf der Grundplatte wird ein federnd abgestützter Viertakt-Dieselmotor verwendet, der bei 2000 U/min 10 PS leistet. Die Frequenz des Rüttlers

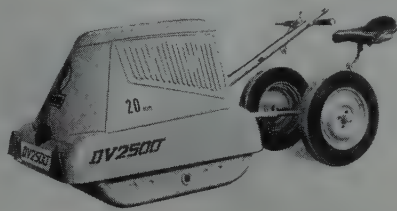


Abb. 3. Rüttelplatte „Bison“. Frequenz 7 bis 28 Hz; Motorleistung 10 PS; Gewicht 600 kg.

ist über die Motordrehzahl zwischen 7 und 28 Hz veränderlich. Die wirksame Fläche der Platte ist 890×660 mm groß.

Schwerer Plattenrüttler

Für den Antrieb eines neuen schweren Plattenrüttlers verwenden Bohn & Kähler, Kiel, einen luftgekühlten 40-PS-Viertakt-Dieselmotor. Das Gerät hat eine wirksame Rüttelfläche von 1 m^2 ; es ist mit seinem 2400 kg Eigengewicht für große Tiefenwirkung und hohe Flächenleistungen ausgelegt. Bei einer Vortriebsgeschwindigkeit von 20 m/min können etwa $800 \text{ m}^2/\text{h}$ bearbeitet werden. Die Höchstgeschwindigkeit beim Vorlauf liegt bei 30 m/min (Abb. 4).

Der Rüttler arbeitet mit zwei nebeneinander angeordneten Gruppen von gegenläufigen Unwuchten, die gerichtete Schwingungen erzeugen. Das Tempo des Verlaufs wird durch Änderung der Neigung der Schwingungen bestimmt, die sich über zwei Handräder vom Bedienungsmann verstellen läßt. Antriebsmotor und Steuerorgane sind durch schwere Stahlfedern von den Sprungbewegungen der Platte getrennt. Zur Erhöhung der Leistung können mehrere Geräte mit ihren Oberteilen gekoppelt werden.

Eine gefällige Verkleidung schützt die empfindlichen Teile des Motors und des Triebwerkes gegen Witterungseinflüsse. Den

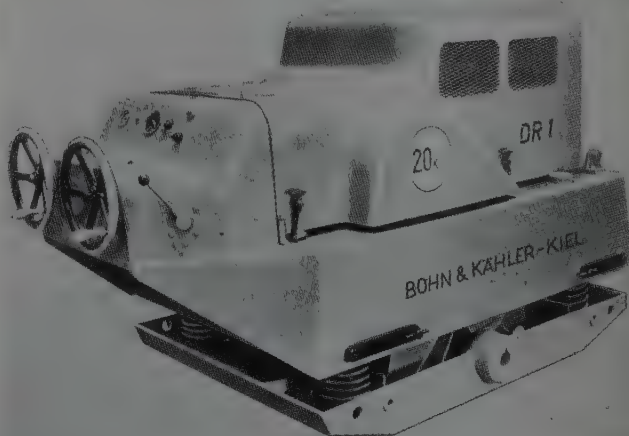


Abb. 4. Großplattenrüttler Typ DR 1. Frequenz verstellbar bis 40 Hz; Motorleistung 40 PS; Gewicht 2400 kg.

Wechsel des Arbeitsplatzes erleichtern zwei mit wenigen Handgriffen seitlich ansteckbare luftbereifte Transportträger.

Mit einem eigenen elektrischen Fahrtrieb ist ein neuer luftbereifter Mehrplattenrüttler des Frankenwerks, Marktreidwitz, ausgerüstet, der dadurch zu einem Verdichtungsgerät von großer Beweglichkeit wird. Die vier Rüttelplatten haben eine Gesamtarbeitsbreite von 2,50 m; sie sind zwischen den beiden Achsen des Fahrzeuges aufgehängt (Abb. 5). Alle Bewegungen werden elektrisch angetrieben. Ein 20-kVA-Generator liefert den Strom für die Motoren der Außenrüttler auf den Platten, für den

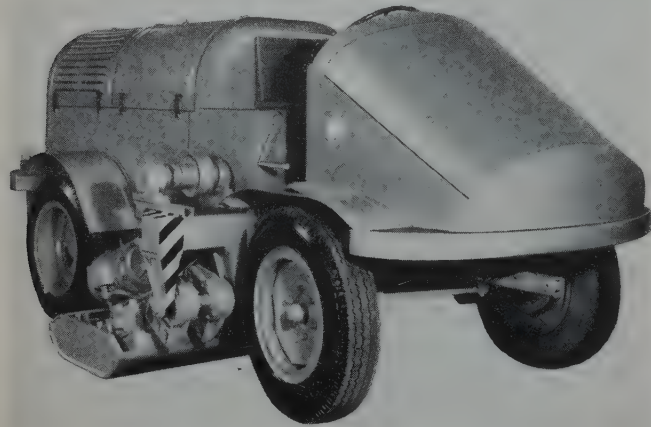


Abb. 5. Luftbereifter Mehrplattenrüttler „Vibromobil“. Arbeitsbreite 2,50 m; Frequenz 47 Hz; Motorleistung 25 PS.

1,5-kW-Fahrmotor der Hinterachse und für den Windenmotor zum Aufziehen und Ablassen der Rüttelplatten. Im Bedarfsfalle kann der Generator auch zur Versorgung der Baustelle mit Notstrom herangezogen werden. Als Arbeitsgeschwindigkeit ist der Bereich zwischen 0 und 0,7 km/h vorgesehen.

Der Bedienungsmann regelt von seinem Sitz aus die Fahr- geschwindigkeit, das Heben und Senken der Platten und das Ein- und Ausschalten der Rüttelmotoren. Beim Wechsel der Baustelle läuft das Gerät als Anhängefahrzeug hinter einem Lastkraftwagen. Hierzu ist es möglich, eine mit einer Auflauf- bremsen verbundene Anhängedeichsel einzulegen und die Hinter- räder vom Fahrtrieb abzuschalten.

Die gleichen Platten mit elektromotorisch angetriebenen Un- wuchten verwendet das Frankenwerk auch für ein raupenfahr- bares Rüttelgerät, das vier oder sechs Platten vor Kopf auf- nimmt. Den Antrieb der Raupen übernimmt in dieser Aus- führung ein Ölmotor mit einem für zwei Geschwindigkeiten bis 12 m/min bzw. bis 80 m/min ausgelegten Lenkgetriebe. Der Antriebsdieselmotor leistet bei 1500 U/min 37,5 PS.

Anbau-Rüttelplatten

Mit vier bis sechs Vibromax-Plattenrüttlern des Losenhausen- werks, Düsseldorf, als elektrisch angetriebene Anbaugruppe kann das Vielzweckgerät „Polytrac“ der Bischoff-Werke, Reckling- hausen, zu einer schweren Verdichtungsmaschine ergänzt wer- den. Das von einem 65-PS-Motor angetriebene Grundgerät wird dazu mit einem Drehstromgenerator mit einer Leistung von 30 bis 45 kVA ausgerüstet.

Auf jeder Platte ist ein 5-kW-Motor und ein Unwuchtrüttler montiert, der über einen Keilriemen angetrieben wird. Die Rüt- tler besitzen gegenläufige Unwuchten, die gerichtete, senkrecht



Abb. 6. Vielzweckgrundgerät „Polytrac“ mit vier Anbau-Rüttelplatten. Frequenz 20 Hz; Arbeitsbreite 2,52 m; erforderliche Leistung des Generators 30 kVA; Gewicht der Anbaugruppe 2100 kg.

wirkende Schwingungen erzeugen. Jede Platte weist eine Arbeitsfläche von rd. 400 × 600 mm auf. Sie arbeiten mit einer Frequenz von 20 Hz und nehmen eine abgedeferte Auflast von je 330 kg auf. Die Auflasten tragen Lenkrollen, die das hydraulische Heben und Senken der Anbaugruppe durch den an Grundgerät angelenkten Gabelheben gestatten (Abb. 6). Vom Sitz des Fahrers aus lassen sich die Plattenrüttler einzeln oder gemeinsam steuern. Die Einsatzbereitschaft des Polytrac für andere Aufgaben auf der Baustelle wird durch den Anbau der Rüttelplatten nicht eingeengt, da sie mit wenigen Handgriffe gegen eine der zahlreichen Arbeitsausrüstungen ausgetauscht werden können, die für diese Universalmaschine zur Verfügung stehen.

Lade- und Montagegerät

Für einen vielseitigen Einsatz im Hoch-, Tief- und Straßenbau, in Hüttenwerken, Industriebetrieben, Steinbrüchen und an Lagerplätzen ist ein Universal-Ladegerät von Wieger, Neu a. Rh., entwickelt worden, das an seiner Auslegerspitze die mannigfaltigsten Arbeitswerkzeuge aufnehmen kann. Der auf einem Raupenfahrwerk oder auf luftbereiften Rädern laufende Unterwagen besitzt einen elektrischen Fahrtrieb. Die Motoren werden von einem 100-kVA-Generator gespeist. Beim Raupenfahrwerk ist die Geschwindigkeit mit etwa 7 km/h begrenzt; der Zweiachser kann 20 km/h erreichen. Bei großer Aktionsradius kann es auch zweckmäßig sein, den Oberbau, der stets auf einem Kugeldrehkranz abgestützt ist, auf ein Lastkraftwagenfahrgerüst mit eigenem Fahrtrieb zu setzen.

Auf der Grundplatte des Oberbaues ist neben dem Antrieb des Dieselmotors der Generator, die Hydraulikanlage, die Führerkabine, der Stützbock mit dem teleskopartig ausfahrbaren Ausleger und ein Gegengewicht untergebracht (Abb. 7). Das Heben und Senken des Auslegers und das Ausfahren seiner Spitze wird hydraulisch gesteuert. Zum Bewegen der Arbeitswerkzeuge kann er sich nach beiden Seiten um seine Längsachse drehen. Diese Drehung wird, ebenso wie das Schwenken des Oberwagens, elektrisch angetrieben. Die Kippbewegungen der an der Auslegerspitze angebrachten Werkzeuge werden hydraulisch eingeleitet.

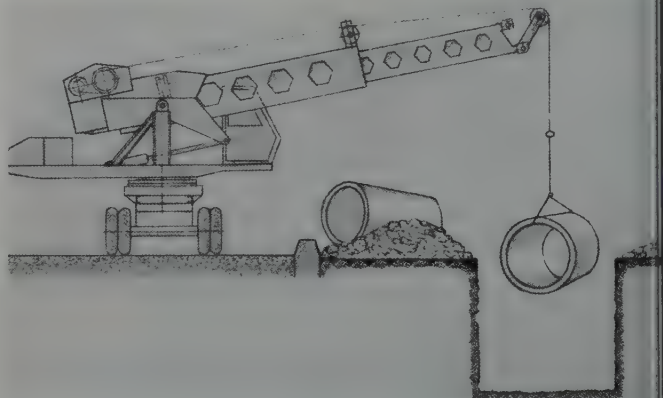


Abb. 7. Universal-Ladegerät „Unidachs“ beim Rohrverlegen. Größte Reichweite 10 m; Antriebsmotor 100 PS; Gewicht 15 t.

Besonderer Wert wurde auf die schnelle Auswechselbarkeit der Anbaugeräte gelegt, um auch Arbeitsaufgaben von kurzer Dauer mit dem unter der Bezeichnung „Unidachs“ auf dem Markt gebrachten Gerät wirtschaftlich ausführen zu können. Auf der Baustelle läßt sich der Unidachs beim Planieren, Laden, Graben, Heben, Reißen, Schieben, Stapeln und beim Montieren verwenden. Von der Herstellerin werden etwa 40 verschiedene Arbeitswerkzeuge bereitgehalten.

Trocken- und Mischanlage

Bei einer fahrbaren Aufbereitungsanlage bilden die Marschbereitschaft und die kurze Auf- und Abbauzeiten die Grundlage für die wirtschaftliche Verwendung in kurzzeitigen Baustelleneinsätzen. Nachdem die Alfelder Eisenwerke, Alfeld, in den letzten Jahren zwei Typen von mehrteiligen Anlagen mit bis 70 t/h Mischleistung nach neuen Grundsätzen für die Fahrt zur Baustelle und für den Aufbau der Teilgeräte entwickelt haben, zeigten sie jetzt in Hannover ein neues einteiliges Gerät ähnlicher Bauart, das 40 t/h ausstößt (Abb. 8). Die gesamte Anlage wird auf vier Fahrgestellen zur Baustelle gebracht. Das Mittelstück bildet die fahrbare Trockentrommel mit angebautem Doppelwellenzwangsmischer. Der Siebsatz, der Antriebs-Dieselmotor mit angebautem Generator, die Entstaubungsanlage und

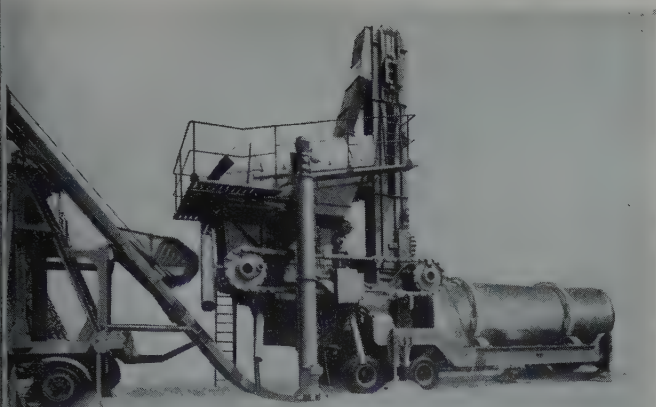


Abb. 8. Einteilige Trocken- und Mischanlage Typ „Avus“. Leistung 40 t/h.

Der Verladesilo mit Schrägaufzug rollen auf den drei weiteren Fahrgestellen an.

Mit wenigen Arbeitsgängen ist die Anlage betriebsbereit. Der zum Betrieb des Mixers benötigte Siebsatz und der vorgeschaltete Heißelevator werden mit eigener Kraft durch eine elektrisch angetriebene reversierbare Zahnstangenwinde in die Betriebsstellung hochgeschwenkt. Für die Füllerversorgung wird eine lenkrecht fördernde Schnecke neben die Anlage gestellt.

Den Antrieb aller Teile der Anlage übernehmen elektrische Einzelmotoren, die von einem getrennt aufgestellten Schaltschrank gesteuert werden. Der Bedienungsmann sucht sich mit einem Pult stets einen Punkt, von dem er alle Phasen des Betriebsablaufes, insbesondere auch die Aufgabe der Gesteinsstörungen, überwachen kann.

Schienengeführter Autobahnfertiger

Die gesamte Breite einer Autofahrbahn kann von einem neuen schienengeführten Fertiger für bituminöse Decken von Linnhoff, Berlin-Tempelhof, in einem Arbeitsgang eingebaut werden. Die Breite läßt sich durch Hinzufügen oder Weglassen von Zwischenstücken auf das geforderte Maß bis zu maximal 3,50 m einrichten (Abb. 9).

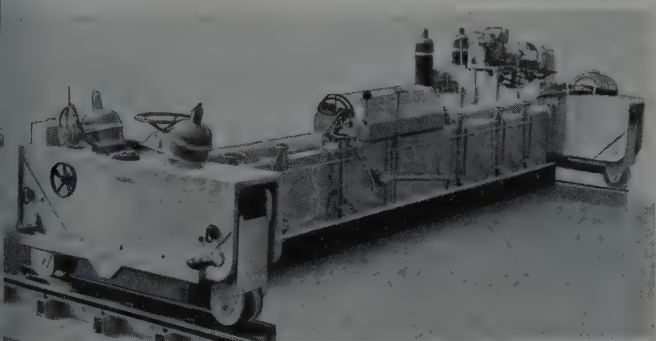


Abb. 9. Schienengeführter Autobahnfertiger für bituminöse Decken. Arbeitsbreite bis 9,50 m; Motorleistung 8 PS; Gewicht 6,5 t.

Die mit Propagas beheizte Einbaubohle ist an beiden Seiten so an den Fahrwerken aufgehängt, daß der Fertiger das Mischgut auch in Krümmungen sorgfältig verteilt und vorverdichtet. Er ist für das Verlegen von Walz- und Gußasphaltschichten geeignet. Die Bohle führt beim Vortrieb langsame hin- und hergehende Bewegungen quer zur Straßenachse aus. Die Einbaugeschwindigkeit des Fertigers ist durch einen hydrostatischen Antrieb stufenlos regelbar. Die Pumpe der Hydraulikanlage wird von einem 8-PS-Dieselmotor angetrieben. Auch die Bewegungen der Bohle werden hydraulisch gesteuert.

Transportmischer

Beim Betrieb von Betonfabriken sind für die Wahl der zweckmäßigsten Fahrzeuge die Entfernungen zu den Baustellen, die gewünschten Liefermengen und die Arbeitsgeschwindigkeiten beim Einbau des angelieferten Betons von Bedeutung. Von der Baumaschinenfabrik Georg Stetter, Memmingen (Allgäu), werden Betonmischer als Transportmischer und als Nachmischer zu allen Serienfahrgestellen geliefert. Der Aufbau eines besonderen Dieselmotors für den Betrieb des Mixers gestattet es, auch An-

hänger und Sattelfahrgestelle zu verwenden (Abb. 10), die auf der Baustelle zurückbleiben können, wenn die Abnahme des Betons sich über einen längeren Zeitraum hinzieht.

Die Trommeln besitzen Füllgewichte zwischen 5000 und 11 000 kg. Die Bewegungen des Mixers werden elektrisch von einem Schaltbrett aus gesteuert, das neben dem Antriebsmotor oder im Führerhaus des Lastkraftwagens angeordnet sein kann. Eine Rollenkette übernimmt die Kraftübertragung vom Ölbad-

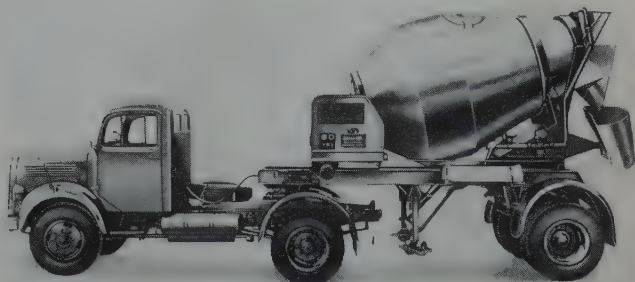


Abb. 10. Transportmischer mit aufgesatteltem Fahrgestell für End- und Topbeladung. Mischer-Motor 30 PS.

getriebe zur Mischtrommel. Mit einem Druck von 1 bis 2 atü gelangt das Anmachwasser in die Trommel. Die benötigte Menge läßt sich an einem Vorwählwerk einstellen, das das Zuflußventil elektrisch öffnet und schließt.

Das Beschicken der Trommel ist an der Zuteilanlage wechselweise durch die Endöffnung oder durch einen Klappenverschluß am Trommelmantel möglich. Mit einer schwenkbaren Auslaufschurre wird die Weitergabe des Betons erleichtert. Sie bestreicht horizontal einen Winkel von 190° und kann vertikal in einem Bereich von 30° verstellt werden.

Shalungs- und Rüstgeräte

Die Deutsche Stahlramelle Hünnebeck, Düsseldorf, zeigte auf der Hannoverschen Messe einen 60 m hohen Turm aus Dreirohrstützen, vor dem ein kupplungsfreies Stahlprofilgerüst aufgebaut war. Die dafür verwendeten warmgewalzten Dreikant-

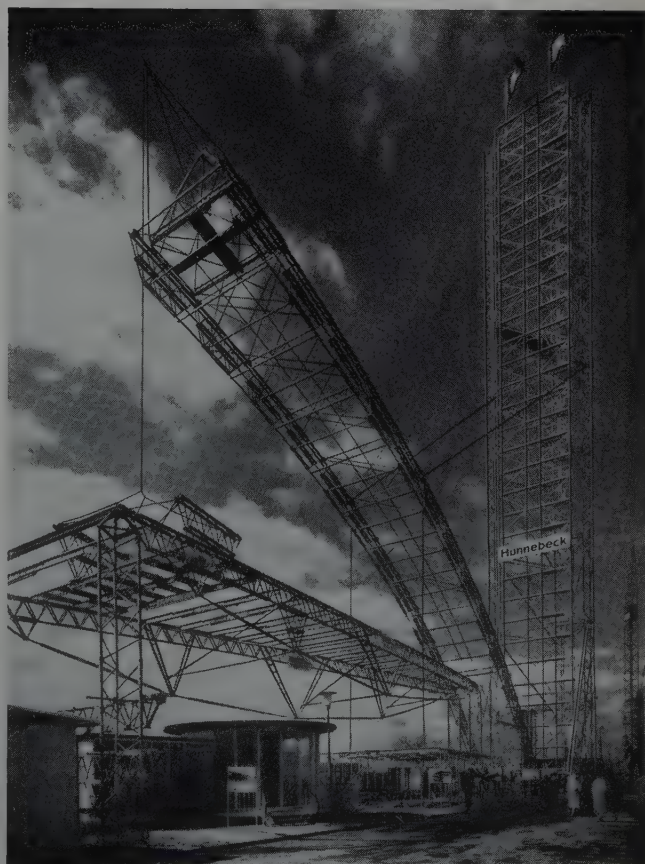


Abb. 11. Schalungs- und Rüstgeräte. Aufstellen eines Bogenlehrgerütes im freien Verbau.

profile weisen eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Drillknicken auf. Alle Seiten der Stäbe sind zur Kontrolle von Rostansätzen zugänglich. Die ebenen Flächen des Profils führen zu einfachen Verbindungen, bei denen auf Kupplungen und leicht verlierbare Einzelteile verzichtet werden kann. Alle Bauteile werden eingesteckt, eingehängt oder mit sich selbstsichernden Fingerverschlüssen zug- und druckfest verbunden. Entsprechend den Vorschriften der Gerüstordnung sind die Stahlprofilgerüste für eine Verkehrslast von 300 kg/m^2 berechnet; sie können daher als Maurer- und Putzgeräte Verwendung finden. Für das Lehrgerüst eines Bogens von rd. 90 m Spannweite wurden Hünnebeck-Rüstträger herangezogen. Die einzelnen Rüstträger werden vor dem Einbau zu Bogengliedern zusammengefaßt, mit Hilfe eines Derrick-Kranes hochgehoben und im freien Verbau montiert (Abb. 11).

Beim Schalungsträger-Programm sind Fortschritte in der Tragfähigkeit zu verzeichnen. Der unter der Typenbezeichnung „Senior“ bekannte Träger ist jetzt für eine Auflagerkraft von 1,7 t bemessen und kann ein Biegemoment von 1,7 tm übernehmen; die Tragfähigkeit des „Junior“ wurde auf eine Auflagerkraft von 1,5 t und ein zulässiges Moment von 1,25 tm erhöht. Der kleinste Hünnebeck-Schalungsträger „Boy“ ist auf eine Auflagerkraft von 1,0 t und auf ein Biegemoment von 0,45 tm abgestimmt.

Schwebebühnen

Für die notwendigen Unterhaltungsarbeiten und für die Glasreinigung an den Fassaden moderner Hochhäuser kann heute auf den Einbau einer Schwebebühne nicht mehr verzichtet werden. Die von der Mannesmann Leichtbau GmbH., München, entwickelten Geräte tragen an einem meist schwenkbaren Ausleger eine Umlenkrolle, über die das Hubseil eines Schwebekorb geführt wird. Der Korb ist für eine Last von 200 kg berechnet und bietet Platz für zwei Arbeiter, die von diesem Stand aus alle Arbeiten an der Fassade sicher und leicht ausführen können.

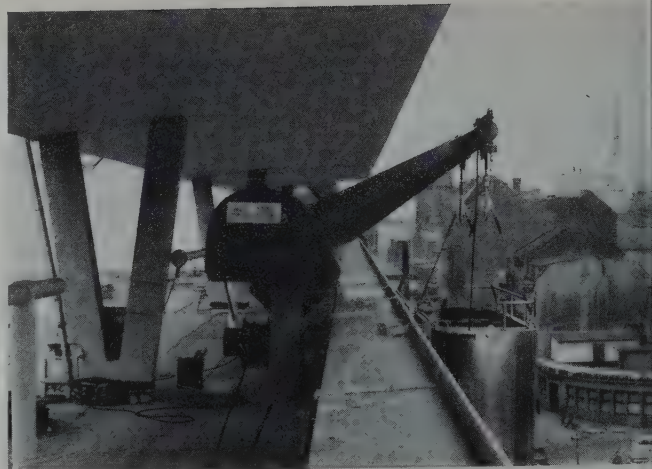


Abb. 12. Schwebebühne mit übereinander liegenden Fahrseilen. Hubmotor 2,0 PS; Fahrmotor 0,5 PS; Nutzlast 200 kg; Gewicht 1500 kg.

Der Motor des Windwerkes und der Fahrmotor werden durch Druckknöpfe mit einer Schutzspannung von 24 V vom Arbeitsplatz aus gesteuert. Das Hubwerk und der Ausleger sind auf einem Drehkranz gelagert, der auf einem schienengeführten Unterwagen ruht. Der Wagen läuft am Dachsimms entlang; die Schienen können nebeneinander oder hinter einer Brüstung übereinander (Abb. 12) liegen. Auf Dächern mit auskragender Platte muß der gekrümmte Ausleger um das Sims herumgeführt werden. Zur Stromzuführung eignet sich eine gegen Berührung und Feuchtigkeit abgeschirmte Schleifleitung oder ein Schleppkabel mit einer am Fahrgestell befestigten Federkabeltrommel. Bei den einschenkbaren Ausführungen setzt der Ausleger den Schwebekorb in der Ruhestellung auf der Dachfläche ab.

Dr.-Ing. B. Hille, Aachen.

Buchbesprechungen

DK 620.171.5 : 624.043 (023 : 082.1) = 40

Schumann, W.: **Über die experimentelle Bestimmung dreidimensionaler Spannungszustände** (Heft 8 der Publications du Laboratoire de Photoélasticité, École Polytechnique Fédérale, Zürich). — Habilitationsschrift des Verfassers. 60 S., $17 \times 24 \text{ cm}$ mit 35 Abb. Zürich: Leemann 1959. Brosch. 10,— Sfr.

Das Schergewicht der Spannungsoptik, die früher auf Scheibenerhebungen beschränkt war, liegt heute — von der Praxis gefordert — in der Untersuchung dreidimensionaler Spannungszustände, wobei hauptsächlich das Erstarrungsverfahren angewandt wird. Die Möglichkeiten, die sich hier bieten, sind in den letzten Jahren immer mehr verfeinert worden. Auch die vorliegende Arbeit behandelt unter bewußtem Verzicht auf Vollständigkeit eine Reihe von Fragen im Zusammenhang mit der Ermittlung der Spannungen nach diesem Verfahren. Neben der kritischen Besprechung bekannter Einzelheiten werden einige neue Vorschläge, die an Beispielen erprobt werden, angegeben. Aus der Fülle der behandelten Themen seien als interessant erwähnt: die Aufnahme von Isoklinen mit Unterdrückung der Isochromaten durch Doppelbelichtung mit einem zusätzlichen Schnitt, die Verwendung von kleinen hexagonalen Ausschnitten aus dem Modell zur Ermittlung der optischen Daten; die Elimination des Einflusses starker Verformungen durch Anwendung verschiedener Laststufen und Extrapolieren der Ergebnisse auf die Last Null oder durch Verwendung eines Modells von einer Form, die entgegengesetzt der Verformung unter Last von der zu untersuchenden Form abweicht. Schließlich wird die Möglichkeit der Bestimmung von Verzerrungen durch Messung von Verschiebungen bei Rückverformung eines Modellausschnitts untersucht, die, falls einmal ein geeigneter Modellwerkstoff zur Verfügung stehen sollte, zur vollständigen Bestimmung des Spannungszustandes (an Stelle der Integrationsverfahren usw.) dienen könnte.

In einem Abschnitt „Auswahl der Verfahren“ wird dann untersucht, welche der beschriebenen Möglichkeiten für die Praxis am geeignetsten seien. Der Verfasser kommt dabei zu dem Schluß, daß die Verwendung der hexagonalen Schnitte in Verbindung mit der Methode der Integration der Schubspannungen am günstigsten sei. Für die in der Arbeit behandelten Verfahren und Beispiele trifft dies wohl zu. Interessant wäre jedoch auch ein Vergleich mit anderen bewährten Verfahren gewesen, wie z. B. dem der konoskopischen Beobachtung und dem Auswerteverfahren mit Hilfe des Gleichgewichts am endlichen Ausschnitt.

Die ausführlich behandelten Beispiele einer kreisförmigen und einer quadratischen dicken Platte erläutern die beschriebenen Verfahren vorzüglich.

Diese Arbeit stellt — wie schon viele andere aus dem unter der Leitung von Prof. Favre stehenden Institut — einen interessanten Beitrag zur Spannungsoptik dar.

A. Kuske, Stuttgart.

DK 625.7/.8 (022)

Neumann, E., u. Mitarbeiter: **Neuzeitlicher Straßenbau. Aufgaben und Technik.** Handbibliothek für Bauingenieure, begründet von R. Otzen. XX u. 649 S., $16,5 \times 24,6 \text{ cm}$, mit 508 Abb. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer 1959. Geb. 66,— DM.

Seitdem der Verfasser im Rahmen der Handbibliothek für Bauingenieure im Jahre 1931 die 1. Auflage seiner Buchveröffentlichung „Neuzeitlicher Straßenbau“ herausgegeben hat, gilt diese Arbeit in der deutschsprachigen Fachliteratur als die umfassendste Darstellung aller technischen Probleme des Straßenbaus. Nunmehr liegt die 4. Auflage dieser verdienstvollen Veröffentlichung vor. Die Abschnitte über die geometrische Bemessung und die Linienführung sowie den Deckenbau, die vom Verfasser bereits in den vorhergehenden Ausgaben ausführlich behandelt wurden, sind entsprechend der Entwicklung der Straßentechnik ergänzt. An der neuen Auflage haben eine Reihe von Mitarbeitern für Wissensgebiete mitgewirkt, deren Anwendung oder Weiterentwicklung für den praktischen Straßenbau neuerdings größere Bedeutung erlangt haben. Hier seien nur Prof. Dr.-Ing. Jelinek und Prof. Dr.-Ing. Keil für die Fragen des Erdbaus, des Untergrundes und der Dickenbemessung von Fahrbahndecken genannt. Außerdem sind neue Abschnitte hinzugekommen über das Problem der ästhetischen Eingliederung der Straße in ihre Umgebung (Dr. Freising) und die praktische Anwendung einer graphischen Arbeitsmethode zur Bestimmung des Treibstoffverbrauchs und des Zeitaufwandes für Kraftfahrzeuge in Abhängigkeit von der Gradientenführung (Reichelt). Dieses von Prof. Wilhelm Müller entwickelte Verfahren (4t-Verfahren) verdient für die Überprüfung der Wirtschaftlichkeit von Straßentrassierungen eine breitere Beachtung in der Trassierungspraxis.

Ausführlich wird die für die Fahrsicherheit und optische Linienführung wichtige Ausbildung der Übergangsbögen behandelt (Rosin). Ein besonderes Kapitel ist den Tunnelanlagen für den Kraftverkehr mit den erforderlichen Belüftungseinrichtungen gewidmet (Dr.-Ing. Kress).

Deutlich läßt die Neuauflage der Arbeit erkennen, daß im Straßenbau eine Reihe der bisher üblichen empirischen Bemessungs- und Arbeitsverfahren durch exaktere Methoden abgelöst sind. Wertvolle Erkenntnisse konnten in der letzten Zeit aus benachbarten Arbeitsgebieten wie der Bodenmechanik, der Baustoffkunde und der Kraftfahrzeugtechnik für die Praxis des Straßenbaus übernommen werden.

B. Wehner, Berlin.

DK 666.97 : 691.3 : 693.5 : 061.3 (022)

Vorträge auf dem Betontag 1959 am 13., 14. und 15. Mai in München. Herausgegeben vom Deutschen Beton-Verein e.V. 156 S., 14,5 × 20,5 cm, mit zahlr. Abb. Wiesbaden: Deutscher Beton-Verein e.V. 1960.

Die Vorträge des Deutschen Betontages 1959 liegen nunmehr gedruckt vor. Da sie bereits in Heft 9/1959, S. 378—380 dieser Zeitschrift ausführlich besprochen wurden, erübrigt sich eine nochmalige sachliche Besprechung. Der Berichtsband erschien in der beim Deutschen Beton-Verein schon traditionell gewordenen guten Ausstattung; es ist zu begrüßen, daß die neu gewählte Reihenfolge (Inhaltsverzeichnis am Anfang und Teilnehmerliste am Ende) dem Leser die Benutzung erleichtert.

Das Buch wird den Teilnehmern des Betontages 1959 Gehörtes jederzeit deutlich in Erinnerung bringen; den Nichtteilnehmern bietet es die Möglichkeit, sich nachträglich zu informieren.

H. Beck, Frankfurt/M.

DK 624.012.41 : 666.982.2 (022) = 40

Guerrin, A.: Traité de Béton Armé. Bd. I. 2. Aufl. IX u. 309 S., 15,5 × 24 cm mit 328 Abb. Paris: Dunod 1959. Brosch. 28,— NF.

Der vorliegende erste Band dieses bis jetzt dreibändigen Werkes über den Stahlbeton ist in zweiter Auflage erschienen. Im ersten Teil des Buches gibt der Verfasser zunächst einen kurzen geschichtlichen Überblick über die Entwicklung des Stahlbetonbaus und legt die technologischen Grundlagen dar. In dem wesentlichen zweiten Teil hat er sich zum Ziel gesetzt, die mechanischen Probleme des Verbundbaustoffes Stahlbeton, ausgehend von Versuchsergebnissen, in geschlossener Form darzustellen. Dieser Weg ist ohne Zweifel besonders geeignet, dem Studierenden die grundlegenden Kenntnisse dieses Baustoffes zu vermitteln. Dabei geht er von der Bruchtheorie nach Mohr aus und interpretiert den Deformations- und Bruchzustand für verschiedene Fälle einachsiger bis dreiachsiger Beanspruchung von Beton- und Stahlbetonkörpern. Es zeigt sich aber auch die Schwierigkeit des Unterfangens; denn trotz intensiver Forschung insbesondere nach dem zweiten Weltkrieg ist es noch nicht gelungen, eine lückenlose und einheitliche Theorie des Verbundbaustoffes Stahlbeton zu entwickeln. So ist z. B. in der neuen Auflage, die gegenüber der alten im wesentlichen unverändert geblieben ist, das Verhalten des gezogenen Stahlbetons noch im Sinne Considères erklärt, der dem unter Zug stehenden Stahlbeton erhebliche plastische Eigenschaften zugesprochen hat.

Auf die übrigen Bände des Werkes sei hier noch kurz hingewiesen. Im zweiten Band wird die Berechnung des Stahlbetons behandelt, im dritten Band Gründungen. Ein im Druck befindlicher vierter Band beschäftigt sich mit den Problemen des Stahlbeton-Hochbaues.

T. Fey, Darmstadt.

DK 624.073/.074 : 69.022 (023)

Angerer, F.: Bauen mit tragenden Flächen. Konstruktion und Gestaltung. (Baumeister-Bücher 1.) 86 S., 21 × 26 cm mit über 200 Abb. München: Callwey 1960. Brosch. 12,50 DM.

Die Konstruktionsformen der Flächentragwerke werden in diesem Buch von einem Architekten untersucht und aus seiner Sicht besprochen. Der Autor gibt im ersten Teil seiner Arbeit einen Überblick über die geometrischen, statischen und konstruktiven Grundlagen der Traggebilde: Platte, Scheibe, Schale und Falwerk, wobei er sich auf ausführliche Erläuterungen beschränkt und bewußt auf Rechenaufnahmen verzichtet. Der zweite Teil zeigt die gestalterischen Möglichkeiten der Raumbildung mit diesen Formelementen unter Berücksichtigung der einzelnen Konstruktionsmethoden. Einfache, aber genaue Strichzeichnungen dienen der Veranschaulichung der Gedanken.

Der Wert dieses Buches liegt vor allem in dem Bemühen, dem Architekten Ingenieurkonstruktionen verständlich zu machen, so daß er sie beim Entwerfen und Gestalten richtig und zweckentsprechend anwenden kann und zu neuen Möglichkeiten der Raumbildung in der Architektur gelangt. Eine Fülle interessanter Anregungen wird gegeben und der Weg für zukünftige Weiterentwicklungen gewiesen.

L. Pollak, Hannover.

DK 624.159.11 : 624.153 : 621-217/-218 (022)

Rausch, E.: Maschinenfundamente und andere dynamisch beanspruchte Baukonstruktionen. 3., überarbeitete u. erw. Aufl. XIV u. 857 S., Gr. 14,5 × 21 cm, mit 888 Abb. Düsseldorf: VDI-Verlag 1959. Geb. 126,— DM. (VDI-Mitglieder erhalten 10 % Preisnachlaß.)

Das seit Jahren vergriffene Standardwerk über Berechnung und Entwurf von Maschinenfundamenten ist nunmehr in verbesserter Auflage erschienen, wobei die bisherigen drei Teile jetzt in einem Band zusammengefaßt sind.

Nach kurzer Abgrenzung der behandelten Probleme und Vermittlung der wichtigsten theoretischen Grundlagen wird den Fragen der Dauerfestigkeit und der elastischen sowie energieverzehrenden Eigenschaften der Werk-, Unterlags- und Dämmstoffe breiterer Raum gewidmet. Neu ist auch das Kapitel über die federnden Eigenschaften des Baugrundes, das auf Ergebnissen umfassender bodenmechanischer Versuche beruht.

Den Hauptteil des Werkes nehmen Ausführungsbeispiele mit fast vollständiger Schwingungsberechnung ein: Zunächst werden Block- und Kastenfundamente, sodann Rahmenfundamente behandelt und diese Fundamenttypen nach der möglichen Abstimmung unterschieden und nach den Baustoffen Stahl und Stahlbeton gegliedert. Zu den schließlich behandelten Sonderproblemen zählen Maschinen Gründungen im Bergschadengebiet und die Berechnung der Schwingungen von Türmen und Schornsteinen, insbesondere infolge Wind-erregung, sowie von dynamisch erregten Konstruktionen des Stahlhochbaus.

Der Verfasser hat in seinem vorliegenden Buch die Erfahrungen eines arbeits- und erfolgreichen Lebens zusammengefaßt und ein in seiner Art einmaliges Werk geschaffen, das im In- und Ausland die Grundlage für die Berechnung und Konstruktion dynamisch beanspruchter Ingenieurbauwerke darstellt. Der neuen verbesserten Auflage, deren eingehendes Studium allen Studenten sowie beratenden, planenden und ausführenden Ingenieuren des Bauwesens wärmstens empfohlen wird, wünschen wir denselben durchschlagenden Erfolg, der den früheren Auflagen beschieden war.

H. Lorenz, Berlin.

DK 620.171.5 : 624.043 (023 : 082.1) = 30

Kuske, A.: Einführung in die Spannungsoptik. Bd. 6 der Reihe „Physik und Technik“, herausgegeben von Dr. F. Gössler. XI u. 220 S., 16,5 × 23,5 cm, mit 153 Abb. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 1959. Geb. 38,—DM.

Die Spannungsoptik ist wohl das anschaulichste Verfahren, das — größtenteils in Modelluntersuchungen — Aufschluß über den Kräfteverlauf in mechanisch beanspruchten Bau- und Maschinenteilen gibt. Sie ermöglicht es meist in einfacher Weise, günstigere Formen für hoch beanspruchte Bauteile zu finden, so daß sich bei gleicher Sicherheit oft entscheidende Material- und Gewichtseinsparungen erreichen lassen.

Das Buch möchte — wie auch der Untertitel sagt — einen Überblick über den heutigen Stand der Verfahrenstechnik und der Anwendungsmöglichkeit der Spannungsoptik geben.

Nach einer allgemeinen Behandlung der Aufgaben, Anwendungsgebiete und Grenzen der Spannungsoptik folgt eine Einführung in die mechanischen und optischen Grundlagen. Durch seine mehr als zwanzigjährige theoretische und praktische Arbeit auf dem Gebiet der Spannungsoptik ist dem Verfasser diese Materie so vertraut geworden, daß er stellenweise bei einem Leser, der sich erst einarbeiten muß, zuviel voraussetzt. Zusätzliche erläuternde Skizzen und die Andeutung von Ableitungen für einige mathematische Ausdrücke und geometrische Konstruktionen könnten auch diesen Teil des Buches noch klarer gestalten. Anschließend werden die Geräte und die Modellwerkstoffe für spannungsoptische Versuche besprochen.

Ein ausführlicher Abschnitt ist den Scheibenuntersuchungen gewidmet, die nach wie vor ein Hauptgebiet der Spannungsoptik darstellen, denn hier ist durch die einfache Modellherstellung und Versuchsauswertung, durch große Anschaulichkeit und flächenhafte Erfassung des Kräfteverlaufs die Spannungsoptik jedem anderen Meßverfahren überlegen. An Hand einiger geschickt ausgewählter Beispiele werden theoretische Spannungsverteilungen mit experimentell gewonnenen Spannungsbildern verglichen. Einige Beispiele zeigen sehr anschaulich, wie in einer Modelluntersuchung die günstigste Form für ein hoch beanspruchtes Teil gefunden wird. Die praktische Anwendbarkeit und Genauigkeit der einzelnen Auswertverfahren könnte gründlicher abgehandelt werden; es fielen dann auch dem Leser, der sich in dieses Gebiet erst einarbeiten will, leichter, die praktische Anwendbarkeit der angegebenen Verfahren zu übersehen. Beim unerfahrenen Leser könnte dieser Abschnitt den Eindruck erwecken, es handle sich hier mehr um eine qualitative Spannungsanalyse als — wie es tatsächlich der Fall ist — um eine Methode, die anderen Meßverfahren in der erreichbaren Genauigkeit durchaus ebenbürtig ist.

Es folgen — wieder erläutert durch einige instructive Beispiele — die Lösung von Plattenproblemen mit dem Zweischichtverfahren und die Untersuchung räumlicher Spannungszustände nach dem Erstarungsverfahren.

Ausführlich besprochen werden noch die Auswertung spezieller räumlicher Probleme und die Überprüfung anderweitig ermittelter Spannungszustände durch spannungsoptische Untersuchungen nach einem vom Verfasser entwickelten Verfahren. Anschließend werden die Oberflächenschichtverfahren und die darauf basierenden spannungsoptischen Dehn- und Richtungsmaße behandelt.

Zum Schluß bespricht der Verfasser das Streulichtverfahren und zeigt die Möglichkeit dynamischer Untersuchungen auf.

Das Buch kann ganz besonders demjenigen, der bereits auf dem Gebiet der Spannungsoptik arbeitet, wertvolle Anregungen und einige Hinweise zur Vereinfachung der Auswertarbeit und zur Kontrolle der Versuchsergebnisse geben.

W. Aicher, Stuttgart.

DK 69.022.32 : 693.9 (022)

v. Voß, H.: Tafelbauweise. Bauen mit Großplatten. Band 3 der Schriftenreihe Technik von Heute. 351 S. 19,2 × 25,5 cm, mit 300 Abb. Stuttgart: Berliner Union G.m.b.H., 1958. Ln. 56,— DM.

Nachdem die Tafelbauweise, auch Großplattenbauweise genannt, in den letzten Jahren in vielen europäischen Ländern, zuletzt auch in der Bundesrepublik, Fuß gefaßt hat und sehr wahrscheinlich am Anfang einer bedeutenden Entwicklung steht, kommt ein Buch wie das vorliegende gerade rechtzeitig. Der Verfasser ist Oberregierungsrat

beim Deutschen Patentamt und hat als solcher mit unendlichem Fleiß wohl alle bisher auf dem Gebiet des Tafelbaues vorliegenden Ideen zusammengestellt. So findet man hier neben den vielen Konstruktionen aus der Kriegs- und Vorkriegszeit (Barackenbau, Eigenheim usw.) die Entwicklungen der neueren Zeit wie die der curtain-walls der Amerikaner, die der mehrstöckigen Wohnbauten aus Schwerbeton-tafeln West- und Nordeuropas, die der versetzbaren Trennwände des Geschäftshauses usw. Der Verfasser beschränkt sich aber nicht nur auf die Zusammenstellung des Materials (wenn dies auch den Kern des Buches ausmacht), sondern knüpft gelegentlich auch kritische Bemerkungen an. Zu wünschen wäre vielleicht gewesen, daß aus der Fülle der unfruchtbar gebliebenen Gedanken die in die Zukunft weisenden noch stärker herausgehoben worden wären, aber der Leser dürfte selbst bald Spreu von Weizen unterscheiden.

Für jeden, der an der Entwicklung der Tafelbauweise beteiligt ist, ist das Buch ein nützliches Nachschlagewerk. Dem Verfasser ist für die unendliche Mühe der Zusammenstellung des umfangreichen Stoffes zu danken.
v. Halász, Berlin.

DK 69.024.155 : 691.714 - 417 : 691.88 (023)

Görgen, W. A.: Wellblech. Handbuch für Konstruktion und Montage. 135 S., 21 × 29,7 cm, mit 218 Abb. u. 8 Übersichtstafeln. Gumbach: Gesellschaft für Industrie-Beratung m.b.H., Ringbuch 6,50 DM.

Das vorliegende Handbuch behandelt das Konstruktionselement Wellblech in umfassender Weise. Nach kurzer Erläuterung des Korrosionsschutzes durch Feuerverzinkung und Farbanstriche folgen Angaben über statische Werte und Tragfähigkeiten verschiedener Profile, sowie eine Aufstellung oft benötigter Zubehörteile. Eine Anzahl von Diagrammen für gerade und bombierte Wellbleche erleichtert die Profilwahl bei Dächern und Wänden. Dabei wird die erforderliche Blechdicke in Abhängigkeit von Dachneigung, Stützweite und Höhe über Erdboden dargestellt.

Der weitaus größte Teil des Buches enthält Einzelheiten von Wellblechkonstruktionen. In zahlreichen Abbildungen werden Befestigungsmittel, First-, Grat- und Kehlausbildungen, Rinnenanschlüsse und Giebelanschlüsse von Wellblechdächern gebracht. Auf Anschlüsse an andere Bauteile wird ausführlich eingegangen. Auch die Ausbildung von Wänden, Dehnfugen und die Befestigung von Zugstangen bei Bogendächern aus bombierten Blechen wird neben einer ganzen Reihe weiterer Einzelheiten gezeigt. Richtlinien über Bearbeitung und Montage sind durch Beispiele von Verlegeplänen ergänzt. Endlich runden einige Vorschläge für Wärmedämmung und Lüftung bei Wellblechbauten den Gesamtüberblick über das behandelte Gebiet ab.

Das Buch schließt eine Lücke in der Fachliteratur und dürfte dem Konstrukteur, der mit Wellblech zu tun hat, nützliche Hinweise liefern.
W. Steinbach, Berlin.

DK 624.97 : 621.315.66 : 624.15 (023)

Wagner, W.: Statik der Starkstrom-Freileitungen. Beispiele, Hilfsmittel, Formulare, Erläuterungen und Literaturangaben für Planung und Berechnung. 73 S., Gr. 21 × 29,7 cm, mit zahlr. Abb. u. 17 lichtpausfähigen Formblättern. Frankfurt/M.: Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH. 1959. Geb. 32,— DM.

Jeder Statiker, der mit der Berechnung von Freileitungsmasten zu tun hat, wird dieses Buch begrüßen. Die Berechnungsgrundlagen mit Erläuterungen, Literaturangaben und Beispielen sind so zusammengestellt, daß die sonst recht langwierige und wegen der oftmaligen Wiederholung unbeliebte Berechnung der Masten mit einem Minimum an Zeit durchgeführt werden kann. Für die Berechnung sind lichtpausfähige Formblätter beigegeben, die ohne weiteres für die praktische Anwendung übernommen werden können. Damit werden auch Fehlerquellen ausgeschaltet und die Nachprüfung der Berechnungen erleichtert.

Es liegt in der Natur des Gegenstandes, daß diese willkommenen Hilfsmittel nur für den normalen Freileitungsbau verwendet werden können und für die Berechnung von Sonderausführungen nicht heranzuziehen sind. Sie umfassen die Leiterberechnung, Mastberechnung in Holz, Stahl und Stahlbeton sowie Gründungsberechnungen nach den verschiedenen gebräuchlichen Verfahren. Es muß nur bemerkt werden, daß die im Buch zitierten Vorschriften die Aufstellung der Berechnungen so beeinflussen, daß bei Vorliegen anderer Vorschriften die Hilfsmittel nicht mehr anwendbar sind. Doch zeigt das Buch den Weg, wie auch in anderen Ländern die Berechnung vereinfacht werden könnte.

Zum Schluß sei noch auf die zahlreichen Literaturangaben hingewiesen, welche dem Interessierten ein weiteres Eindringen in den Gegenstand erleichtern.
F. Cichocki, Graz.

DK 628.8 (022)

Recknagel-Sprenger, H. u. E.: Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik. 50. Jubiläumsausgabe. R. Oldenbourg: München 1959. 883 S., 911 Abb. u. 342 Tafeln. Geb. 48,20 DM.

Aus dem seit langem geschätzten Kalender für Gesundheits- und Wärmetechnik von Recknagel ist ein Buch von fast 900 Seiten geworden. Vom jetzigen Verfasser ist in den fast jedes Jahr nach dem Kriege herausgegebenen Auflagen der Umfang laufend vergrößert, und die 50. Auflage als Jubiläumsausgabe besonders gründ-

lich überarbeitet und erheblich erweitert worden. Die Überschriften der Kapitel zeigen das bearbeitete Fachgebiet an: Grundlagen, Heizung, Lüftungs- und Klimatechnik, Warmwasserbereitungsanlagen, Industrielle Absaugungen, Kältetechnik, Anhang mit Angaben über Bauvorschriften, Normen, Literatur, Fachvereine, Verbände und Ausbildungsstätten.

Die Grundlagen sind nach meteorologischen, hygienischen, wärme-strömungs- und schalltechnischen unterteilt. Sie enthalten eine Aufzählung der benötigten Werte, Gleichungen bzw. Angaben über Stoffwerte, Klima, Behaglichkeit, Zustandsgrößen der Dämpfe, Zustandsänderung der Luft (*i-x*-Diagramm), Brennstoffe, Schalldämmung, und Lautstärke, Meßverfahren sowie Formeln für den Druckverlust und für die Wärmeübertragung. Die Kapitel für die Heizungs- und Lüftungsanlagen sind unterteilt nach der Beschreibung der Bestandteile, nach der Berechnung und nach der Ausführung der Anlagen in wichtigen Gebäudegruppen. Auf Fragen, die mit dem Architekten und Bauherrn zu klären sind, wird hingewiesen, ferner auf die ungefähren Anlage- und Betriebskosten. Bei der Warmwasserbereitung werden im wesentlichen die Bestandteile und die Berechnung behandelt, bei den industriellen Absaugungen die Ausführung von Saugvorrichtungen und Anlagen nebst einigen rechnerischen Unterlagen. Die Kältetechnik wird nur im Rahmen der Klimatechnik erläutert und beschrieben, und die Berechnung von Luftkühlanlagen gebracht.

Auch als Taschenbuch ist diese Auflage nicht mehr zu bezeichnen, denn die Stofffülle entspricht mehr einem Nachschlagewerk für den Fachmann und Praktiker, für den vor allem die wesentlichen Formeln und Bedingungen bei der Bemessung und Ausführung der Anlagen herausgestellt werden, wobei theoretische Grundlagen nur kurz behandelt sind. Der Lernende kann sich also mehr mit der praktischen Ausführung der Anlagen vertraut machen.

Neben der reichhaltigen, bildlichen Ausstattung ist noch die Handlichkeit des Buches durch das kleine Format und dünne Papier erwähnenswert. Das Buch bedarf keiner besonderen Empfehlung; wie hoch es eingeschätzt wird, zeigt sich an der Tatsache, daß der jeweilige Jahrgang kurze Zeit nach der Herausgabe stets vergriffen war.
H. Lenz, Berlin.

Neuerscheinungen

Vorläufige Empfehlungen zur Wahl der Stahlgütegruppen für geschweißte Stahlbauten. Herausgegeben vom Deutschen Ausschuss für Stahlbau. 2. überarbeitete Auflage. 26 S., 14,8 × 21 cm. Köln: Stahlbau-Verlags-G.m.b.H. 1960. Brosch. 3,— DM. — Die Neuauflage weist gegenüber der ersten Auflage verschiedene Änderungen auf. Auf diese ist in den ersten Seiten der Neuauflage besonders hingewiesen.

Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch. Herausgegeben vom Akademischen Verein Hütte e.V. in Berlin. II. Maschinenbau, Teil B (mit Daumenregister). 28. neubearbeitete Auflage. XIX u. 928 S., 12 × 18 cm, mit 1317 Abb. Berlin: W. Ernst & Sohn 1960. Lnbnd. 48,— DM; Leder 60,— DM.

Chmelka, F., und E. Melan: Einführung in die Festigkeitslehre für Studierende des Bauwesens. Vierte Auflage. VIII u. 369 S., 15,5 × 23 cm, mit 240 Abb. Wien: Springer 1960. Brosch. 32,— DM.

Schulz-Tabellenbücher für Ingenieure, Konstrukteure und Techniker. Band 1: Potenzen, Wurzeln, Kreisumfang und Kreisflächen der Zahlen von 1—10 000. 178 S., 14,8 × 21 cm. Kart. 12,50 DM. — Band 2: Siebenstellige dekadische Logarithmen der Zahlen 1 bis 100 000. 170 S., 14,8 × 21 cm. Kart. 12,50 DM. — Band 3: Die natürlichen Werte der trigonometrischen Funktionen von Minute zu Minute. 56 S., 14,8 × 21 cm. Kart. 6,80 DM. — Band 4: Federberechnungstabelle für zylindrische Schraubenfedern mit kreisförmigem oder quadratischem Querschnitt. 75 S., 14,8 × 21 cm. Kart. 5,85 DM. — Düsseldorf: Michael Triltsch.

Gutachten zur Frage des Schutzes des Grundwassers gegen Verunreinigung durch Lagerflüssigkeiten. (Im Auftrage des Bundesministeriums für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft.) 102 S., 21 × 29,7 cm. Godesberg: Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V. 1959. Brosch. 4,50 DM. — Inhalt: Ministerialblatt f. d. Land Nordrhein-Westfalen Ausg. A., 12. Jahrg. Nr. 57 v. 1. 6. 1959. — Zimmermann, Auswirkung von Mineralölprodukten (Heizöl und Kraftstoffen) auf das Grundwasser. — Michels u. Udluft, Hydrogeologische Stellungnahme. — Nabert, Grundwasserschutz. — Beilage: Anregungen für Technische Grundsätze.

Mitteilungen der Hannoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau. (Franziskus-Institut der Techn. Hochschule Hannover.) Heft 14: 272 S., 14,8 × 21 cm, mit 182 Abb. u. 18 Tafeln im Anhang. Eigenverlag d. Hannov. Versuchsanstalt für Grund- u. Wasserbau, 1958. 15,— DM. — Inhalt: C. Brandenburg, Über die Verdichtungsprüfung von Schüttungen aus gleichförmigen Sanden. — A. Binde, Stufenweiser Ausbau von Klärteichdämmen unter Nutzung des Klärgutes. — H.-A. Klein, Ermittlung des Durchflusses aus Strömungsmessungen im Tidegebiet. — C. Magens, Seegang und Brandung als Grundlage für Planung und Entwurf im Seebau und Küstenschutz. — Heft 16: 406 S., 14,8 × 21 cm, mit 196 Abb. u. 8 Tab.-Tafeln. 15,— DM. — Inhalt: G. Passlack, Über die Berechnung unvollkommener Überfälle bei Sohlenstufen. — E. Davoudzadeh, Beitrag zur Filterausbildung bei der Entwässerung von Feinböden. — E. Schnoor, Leitfaden für das Kubisierungsverfahren. — H. Krolewski, Über das Verhalten von Mineralöl im Boden. — E. Stehr, Berechnungsgrundlagen für Preßluft-Ölsperren.

Verschiedenes

Großes Bundesverdienstkreuz für Professor Dr.-Ing. Georg Garbotz

Herrn Professor Dr.-Ing. Georg Garbotz, Direktor des Instituts für Baumaschinen und Baubetrieb an der Technischen Hochschule Aachen, wurde vom Bundespräsidenten am 6. April 1960 das Große Bundesverdienstkreuz verliehen.

Die Überreichung erfolgte am 20. Juni 1960 in der Technischen Hochschule Aachen.

Professor Dr.-Ing.

Herbert Wagner Dr.-Ing. E. h.

Herrn o. Professor Dr.-Ing. Herbert Wagner, Ordinarius für Technische Mechanik an der Technischen Hochschule Aachen, wurde am 12. 7. 1960 von der Technischen Universität Berlin „in Anerkennung seiner vielseitigen, für die Flugtechnik bahnbrechenden Forschungen und Entwicklungsarbeiten“ die Würde Dr.-Ing. Ehren halber verliehen.

Rostfreier Edelstahl in der Architektur

Herr Professor Danforth, USA, wird in Deutschland zu obigem Thema Vorträge halten, und zwar in

Düsseldorf	am 30. 9. 1960;
Berlin	am 3. 10. 1960;
Hamburg	am 5. 10. 1960;
Stuttgart	am 7. 10. 1960;
München	am 10. 10. 1960.

Hierbei wird insbesondere die Curtain-Wall-Bauweise behandelt (Dias, Filme, Modelle). — Auskunft: Nickel-Informationsbüro G.m.b.H., Düsseldorf, Steinstr. 26, Tel. 2 82 51.

Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen

Diese Studiengesellschaft, die sich die Aufgabe stellt, die Voraussetzungen und Möglichkeiten für unterirdische Verkehrsanlagen zu untersuchen usw., wurde von Repräsentanten der Wissenschaft, Wirtschaft und Behörden in Düsseldorf gegründet.

Holzmesse Düsseldorf 1961

Die Deutsche Holzmesse, verbunden mit einer Forstwirtschaftsschau, findet im Herbst 1961 unter Mitwirkung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten in Düsseldorf statt. Die Durchführung liegt bei der NOWEA Düsseldorf.

Zuschrift

zum Beitrag E. Schnoor: Anwendung des „Differenzverfahrens“ bei der Tidewellenberechnung in den von den Gezeiten beeinflussten Flüssen. Bauingenieur 34 (1959) S. 231.

Zu obigem Aufsatz seien folgende ergänzende Bemerkungen gemacht:

Unter Verwendung zentraler Differenzenquotienten gibt Schnoor die Differentialgleichung der Kontinuität (2) als Differenzengleichung z. B. für den Berechnungspunkt 2 des Wasserstandes in der Form an:

$$\zeta_{2n+2}^{(2)} = \zeta_{2n}^{(2)} + \frac{F_{2n+1}^{(1)} \cdot 2 \Delta t}{O_{2n}^{(2)}} V_{2n+1}^{(1)} - \frac{F_{2n+1}^{(3)} \cdot 2 \Delta t}{O_{2n}^{(2)}} V_{2n+1}^{(3)} \quad (I)$$

Der Rechnungsablauf bei dem vorliegenden Differenzenverfahren schreitet in Richtung der positiven Zeitachse fort, indem die Tidewasserstände ζ und die Strömungsgeschwindigkeiten V abwechselnd im Abstand Δt ermittelt werden. Für die Bestimmung von $\zeta^{(2)}$ zur Zeit $t = t_0 + (2n+2) \cdot \Delta t$ ist die Querschnittsfläche $F_{2n+1}^{(k)}$ folglich unbekannt. Die Rekursionsformel (I) für den Wasserstand $\zeta_{2n+1}^{(2)}$ muß daher lauten:

$$\zeta_{2n+2}^{(2)} = \zeta_{2n}^{(2)} + \frac{F_{2n}^{(1)} \cdot 2 \Delta t}{O_{2n}^{(2)}} V_{2n+1}^{(1)} - \frac{F_{2n}^{(3)} \cdot 2 \Delta t}{O_{2n}^{(2)}} V_{2n+1}^{(3)} \quad (II)$$

Entsprechendes gilt für die Differenzengleichungen aller weiteren Berechnungspunkte (k) der Wasserstände ζ (S. 234).

Schnoor weist seinerseits schon darauf hin, daß die von ihm verwendeten Differenzenquotienten und anderen Umformungen keineswegs die einzig möglichen sind. Hinsichtlich einer tabellarischen Rechnung mit Nomogrammen hat er versucht, die zweckmäßigsten Approximationen für die Differenzen-

gleichungen anzugeben. Auf Grund durchgeführter Rechnungen erscheint es allerdings vorteilhafter, die zweite der bei der Aufstellung der Rekursionsformeln für die Geschwindigkeit V bei ungleichen Abschnittslängen Δx (S. 239) verwendeten drei Approximationen so zu variieren, daß

$$\left| V_{2n}^{(i)} \right| \cdot V_{2n}^{(i)} \text{ durch } \left| V_{2n-1}^{(i)} \right| \cdot \frac{V_{2n+1}^{(i)} + V_{2n-1}^{(i)}}{2} \quad (III)$$

ersetzt wird.

Die Rekursionsformel 1 (S. 239) würde dann lauten:

$$V_{2n+1}^{(1)} = \frac{V_{2n-1}^{(1)} \left[1 - \frac{\Delta t R}{h} \left| V_{2n-1}^{(1)} \right| + \frac{\Delta t (V_{2n-1}^{(1)} - V_{2n-1}^{(3)})}{(\Delta x_{1;2} + \Delta x_{2;3})} \right] + \frac{2g \Delta t (\zeta_{2n}^{(0)} - \zeta_{2n}^{(2)})}{(\Delta x_{0;1} + \Delta x_{1;2})}}{\left[1 + \frac{\Delta t R}{h} \left| V_{2n-1}^{(1)} \right| - \frac{\Delta t (V_{2n-1}^{(1)} - V_{2n-1}^{(3)})}{(\Delta x_{1;2} + \Delta x_{2;3})} \right]} \quad (IV)$$

Eine derartige Approximation wurde von Schnoor bereits bei der Umwandlung der dynamischen Bewegungsgleichung unter Vernachlässigung des konvektiven Termes benutzt, für den Fall ungleicher Abschnittslängen Δx und der Berücksichtigung des konvektiven Gliedes war sie jedoch vereinfacht worden, um den erforderlichen Arbeitsaufwand in Grenzen zu halten. Ausgeführte Tidewellenberechnungen zeigen aber, daß die Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung stets günstiger wird, wenn der Reibungsterm im Zähler der Gleichung (IV) erhalten bleibt. Dieser Vorteil sollte bei der Anwendung des Verfahrens nicht unbeachtet gelassen werden, zumal der Rechenaufwand bei der hier getroffenen Annäherung keinen nennenswerten Zuwachs erfährt.

Ohne im allgemeinen wesentliche Änderungen in den Ergebnissen hervorgerufen, läßt sich der Rechengang verkürzen, wenn in dem konvektiven Glied

$$V_{2n}^{(i)} \text{ durch } V_{2n-1}^{(i)} \quad (V)$$

ersetzt und die Annäherung der Differenzen

$$V_{2n}^{(i+2)} - V_{2n}^{(i)} \text{ durch } V_{2n-1}^{(i+2)} - V_{2n-1}^{(i)} \quad (VI)$$

beibehalten wird. Für die Rekursionsformel (IV) folgt daraus:

$$V_{2n+1}^{(1)} = \frac{V_{2n-1}^{(1)} \left[1 - \frac{\Delta t R}{h} \left| V_{2n-1}^{(1)} \right| + \frac{2 \Delta t (V_{2n-1}^{(1)} - V_{2n-1}^{(3)})}{(\Delta x_{1;2} + \Delta x_{2;3})} \right] + \frac{2g \Delta t (\zeta_{2n}^{(0)} - \zeta_{2n}^{(2)})}{(\Delta x_{0;1} + \Delta x_{1;2})}}{\left[1 + \frac{\Delta t R}{h} \left| V_{2n-1}^{(1)} \right| \right]} \quad (VII)$$

Diese Vereinfachung kann um so eher als zulässig angesehen werden, als erfahrungsgemäß der Einfluß des konvektiven Gliedes gegenüber dem des Reibungstermes größenordnungsmäßig sehr gering ist, wie Proberechnungen schnell bestätigen werden.

Nach Vertauschung der entsprechenden Indizes gelten die Gleichungen (IV) und (VII) in der angegebenen Form für alle Geschwindigkeitspunkte $V^{(i)}$.

Die Rekursionsformeln für die Berechnungspunkte des Wasserstandes ζ werden von den erwähnten Änderungen nicht betroffen.

Dipl.-Ing. D. Rose, Hamburg.

Zuschrift

zum Beitrag E. Chwalla: Hilfstafeln zur Berechnung von Spannungs- und Knickproblemen. Bauingenieur 34 (1959), H. 4, S. 136 u. 137.

Im Abschnitt 1,8 sind die Abb. 10 b und 11 b und die zugehörigen Bemerkungen im Text über antisymmetrische Belastungen zu streichen.

Chwalla m. p.

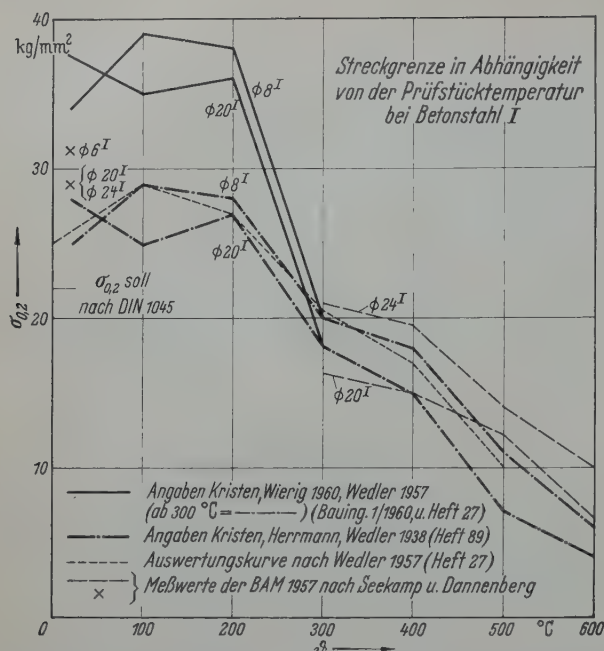
Zuschrift

zu dem Beitrag Kristen-Wierig: Der Einfluß hoher Temperaturen auf Bauteile aus Spannbeton. Bauingenieur 35 (1960), H. 1, S. 6 ff.

Herr Dipl.-Ing. Wolfram Becker, Berlin, macht freundlicherweise auf einen Fehler aufmerksam, der beim Übertragen von übernommenen Kurven entstanden sein könnte. Zur Vermeidung von Mißverständnissen sei die mir zugegangene Mitteilung nachstehend gebracht:

„In Abb. 2 (Diagramm auf S. 328) ist die Streckgrenze für den Betonstahl I für die ϕ 8 mm und ϕ 20 mm in dem Bereich von 20—300° C zu hoch angegeben.“

Der dieser Abb. zugrunde liegende Bericht in Heft 89 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton von Prof. Dr. Kristen, Dr. Herrmann und Prof. Dr. Wedler: „Brandversuche mit belasteten Eisenbetonbauteilen und Steineisendecken, Teil 1: Decken“ weist die Streckgrenze in diesem Bereich um ca.



10 kg/mm² niedriger aus. Die Streckgrenzen bei Temperaturen von 300–600 °C stimmen dagegen mit der Ausgangsveröffentlichung überein.

Die Abhängigkeit der $\sigma_{0,2}$ -Grenze von der Temperatur wurde erneut bei der BAM im Jahre 1957 untersucht¹. Darin werden für 20 °C und den Bereich 300–600 °C ähnliche Werte der Streckgrenzen für Betonstahl I mitgeteilt, wie sie in dem Heft 89 angegeben sind. Leider wurden für den Bereich zwischen 20 °C und 300 °C keine Messungen durchgeführt.

¹ Dr.-Ing. H. Seekamp: Brandversuche mit stark bewehrten Stahlbetonsäulen, Abschnitt 8; Dipl.-Ing. Dannenberg: Festigkeitsuntersuchungen der Bewehrungsstähle bis 600 °C, in Heft 132, DAST.

Mitteilungen aus der Industrie

In diese Spalte werden kurze Mitteilungen von Bauwirtschaft und Industrie aufgenommen, die sich auf das Arbeitsgebiet der Zeitschrift beziehen und Neuheiten behandeln. Der Umfang der Manuskripte darf, einschl. eines etwaigen Bildes, höchstens 50 Schreibmaschinenzeilen betragen. Für den Inhalt ist der Einsender verantwortlich. Die Auswahl behält sich die Redaktion vor.

Kunststoff-Beton-Mörtel

Der vielseitig verwandte Bau- und Werkstoff Beton hat bekanntlich bei all seinen guten Eigenschaften den Nachteil, daß er leicht staubt und nicht ölfest ist, und auch zur Bildung von Rissen und Flecken neigt. Die Behebung dieser Nachteile ist meist mit erheblichen Kosten verbunden und manchmal sogar unmöglich. Neuen Forschungen der Baustoffchemie ist es gelungen, mittels eines Kunststoffzerzeugnisses *Compakta* den Beton so elastisch zu machen, daß man ihn biegen kann, ohne seine sonstigen Eigenschaften zu beeinträchtigen. Dadurch konnten dem Beton neue Einsatzgebiete erschlossen werden, indem sich nunmehr dünne Betonschichten auf alten Unterlagen wie Altbeton, Steinholz, Asphalt oder sogar Glas aufbringen lassen. Durch den Zusatz dieses Kunststoffmörtels wird der Beton so zähelastisch, daß dünne Betonschichten fest auf dem Untergrund haften und nicht mehr abblättern. Aber auch Estriche lassen sich so in jeder Stärke erstellen sowie Ausgleichsschichten, die wegen ihrer Elastizität nicht mehr brechen oder reißen.

Eine weitere Verwendung für diesen Kunststoffmörtel ist auf Grund seiner Elastizität da gegeben, wo es sich um die Schließung von Rissen in Wänden, Mauern oder Fußböden handelt, denn mit dem bisherigen Kalkmörtel bildeten sich in dem spröden Beton früher oder später erneut Risse, wodurch der Mörtel wieder herausbröckelte. Der neue Kunststoffmörtel verbindet sich als zähelastische Masse mit der Unterlage und an deren Rändern so fest, daß keine Risse und auch kein Abbröckeln mehr erfolgen. In Fabrikhallen, Lagern u. ä. spielt die Staubbefreiheit des *Compakta*-Betrone eine besondere Rolle. Alte Betonböden können mit dem Mischpolymerisat neu beschichtet werden, ohne vorherige Beseitigung der alten Betonreste. Mit dem Polymerisat können fugenlose und abriebfeste Bodenbeläge hergestellt werden, auch lassen sich Außenbetonwände, Betonstraßen, Staudämme, Balkone, Terrassen, Massivdächer, Putz, Kalkanstriche und Gips witterungsbeständig verfestigen. Aber nicht nur Beton, sondern auch Stein, Steinholz, Asphalt, Keramik, Glas, Metalle, Kunststoffe und Holz lassen sich mit dem Kunststoffmörtel fest und dauerhaft verankern. Gegen mechanische Beanspruchungen, wie Schlag und Stoß verhält sich der Kunststoffmörtel plastisch ohne Splitterung im Gegensatz zum normalen Beton.

Neben diesen technischen Vorteilen ergeben sich auch noch wirtschaftliche Momente, weil keine langen Vorbereitungszeiten erforder-

Ferner beträgt nach DIN 1045 der Sollwert für Stahl $\sigma_{0,2} = 22 \text{ kg/mm}^2$. Obwohl gerade bei dem Stahl I oft sehr hohe Streuungen zu beobachten sind und Werte von $\sigma_{0,2} = 40 \text{ kg/mm}^2$ vorkommen können, erscheinen die angegebenen Werte für $\sigma_{0,2}$ insbesondere im Vergleich mit der Bruchspannung als ungewöhnlich hoch.

Da auch in „Fortschritte und Forschungen im Bauwesen“ Reihe D, Heft 27 (Baulicher Feuerschutz), in dem Beitrag von Prof. Dr. Wedler (Stahlbeton, Stahlsteindecken und Beton bei Feuereinwirkung) in der Abb. 1 die gleichen hohen Streckgrenzen angegeben sind wie in der Veröffentlichung im „Bauingenieur“, scheint es sich um eine Übertragungsungenauigkeit bei der Übernahme der früheren Versuchsergebnisse zu handeln.

In der Anlage ist ein Schaubild beigelegt, in dem $\sigma_{0,2} = f(t)$ der herangezogenen Veröffentlichungen für Betonstahl I zusammengestellt ist.

Dr.-Ing. Jochen Wierig, Beckum.

Zuschrift

zum Beitrag R. Ohlig: Neubau einer Schnellumschlaghalle im Hafen von Ludwigshafen am Rhein. Bauingenieur 35 (1960) S. 99.

Ergänzend hierzu wird noch folgendes mitgeteilt:

Zum Kurzbericht über obigen Neubau dürfte noch von Interesse sein, daß 8 Hauptstützen der Halle auf Frankpfähle gegründet wurden. An der Südostecke war die Kaimauer durch einen Bombentreffer stark angeschlagen. Hier ist als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ein achtpfähliges Fundament in Verbindung mit der Reparatur der Stützmauer angeordnet, das die Last der südöstlichen V-förmigen Eckstütze aufnimmt. Da sämtliche Umfassungswände und Einzelstützen der Anbauten auf dem verdichteten Boden flach gegründet sind, wurden sie von den Kranbahnträgern durch Fugen getrennt, wie dies in obigen Bericht erläutert ist.

Die Rammung der 45 Frankpfähle erfolgte mit einem Vortreibrohr von 400 mm Durchmesser durch die Frankpfahl-Baugesellschaft m.b.H. in der Zeit vom 4. bis 28. August 1958.

R. Ohlig, Wiesbaden.

Baustahlgewebe-Bemessungsschieber

Die Baustahlgewebe GmbH hat einen neuen Bemessungs- und Rechenschieber im Normalformat herausgebracht. Auf der Vorderseite sind Bemessungsskalen angeordnet, deren Grundlagen die z. Z. verfügbaren Baustahlgewebe zulässigen Stahlspannungen und die zulässigen Betonspannungen der DIN 1045 sind. Die Rückseite trägt normale logarithmische Skalen einschließlich einer Reziprok-Skala mit 25 cm Basislänge. Der Schieber ermöglicht daher sowohl die einfache und schnelle Ermittlung der erforderlichen Bewehrung von Stahlbetonplatten als auch alle üblichen, bei einer statischen Berechnung anfallenden Rechenoperationen. Die der erforderlichen Bewehrung zugeordneten Lagermatten oder Gewebe nach Mattenlisten können einfach abgelesen werden. Des weiteren sind Skalen angegeben, die die Gewichtsberechnung und die Bestimmung der Momentennullpunkte ermöglichen.

Der Baustahlgewebe-Rechenschieber stellt also ein Arbeitsmittel dar, dessen Anwendung jedem Bauingenieur empfohlen werden kann.

A. Molkenhuth, Berlin.

Die gewerblichen und industriellen Abwässer

Entstehung, Schädlichkeit, Verwertung, Reinigung und Beseitigung

Von Dr. rer. nat., Dr.-Ing. E. h. FRIEDRICH SIERP,
Essen-Stadtwald

Zweite, neubearbeitete Auflage

Mit 251 Abbildungen. XI, 660 Seiten Gr.-8°. 1959.
Ganzleinen DM 59,40

AUS DEN BESPRECHUNGEN

„...Die auf umfangreichen praktischen Erfahrungen beruhenden Kenntnisse des Verfassers und sein auch die neuesten Arbeiten aus dem Fachgebiet umfassendes Wissen sowie die Einbeziehung der wichtigsten Fachliteratur machen dieses Werk zu einem unentbehrlichen Führer durch alle Gebiete des Abwasserwesens. Wenn es vom Verlag als Handbuch für eine Reihe verschiedenster Fachsparten bezeichnet wird, so kann dies mit vollem Recht dahin erweitert werden, daß es das Handbuch für alle ist, die sich mit Abwasserfragen in irgendeiner Weise zu befassen haben. Es ist für jeden unentbehrlich, der sich über das Gebiet der Abwassertechnologie allgemein unterrichten will und gleichermaßen für jeden, der für ein bestimmtes Problem eine umfassende Darstellung und Erklärung sucht.“ *Österreichische Wasserwirtschaft*

„...Der Anschluß an den neuesten Stand der Klärtechnik ist überall erreicht; dies gilt auch für eine Reihe neuer Industriezweige. Eingehender werden die Probenahme und die Untersuchungstechnik, hierbei die vor allem in jüngster Zeit entwickelten selbstmessenden Apparaturen, behandelt. Durch die in dem Buch aufgezeigten Möglichkeiten zur Einführung von Kreisläufen wird Gewerbe- und Industriebetrieben ein besonderer Anreiz zum Bau von Kläranlagen gegeben. Das Sachverzeichnis ist weiter vervollständigt, das in- und ausländische Fachschrifttum wurde gebührend eingearbeitet.

Man kann nur wünschen, daß das unentbehrliche Handbuch nicht nur von den Abwasserfachleuten, sondern auch von allen in der Wasserwirtschaft tätigen Personen beachtet wird.“ *VDI-Zeitschrift*

SPRINGER-VERLAG

BERLIN • GÖTTINGEN • HEIDELBERG

Technik und Wirtschaft der Gegenwart

Von

Dr. Ing. Dr. rer. pol. WALTER G. WAFFENSCHMIDT
o. Professor der Volkswirtschaftslehre an der Wirtschafts-
hochschule Mannheim,

Honorarprofessor an der Universität Heidelberg
(Enzyklopädie der Rechts- und Staatswissenschaft,
Abt. Staatswissenschaft)

Mit 26 Textabbildungen. VI, 324 Seiten Gr.-8°. 1952.
Ganzleinen DM 24,60

AUS DEN BESPRECHUNGEN

„... Die überaus gründliche Arbeit von WAFFENSCHMIDT geht weit über den Rahmen des Themas hinaus, indem nicht nur die Beziehungen zwischen den beiden Gebieten ‚Technik‘ und ‚Wirtschaft‘ ausführlich behandelt werden, sondern indem auch versucht wird, deren gemeinsame Stellung in der gesamten Weltordnung aufzuzeigen. Daß im engeren Bereich die technische und wirtschaftliche Rationalisierung als vorherrschende Probleme erkannt und dementsprechend behandelt werden, soll besonders hervorgehoben werden. Dem Buch ist weiteste Verbreitung in allen Kreisen von Technik und Wirtschaft zu wünschen.“ *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure*

SPRINGER-VERLAG
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Verkehrsrecht und Verkehrswirtschaft

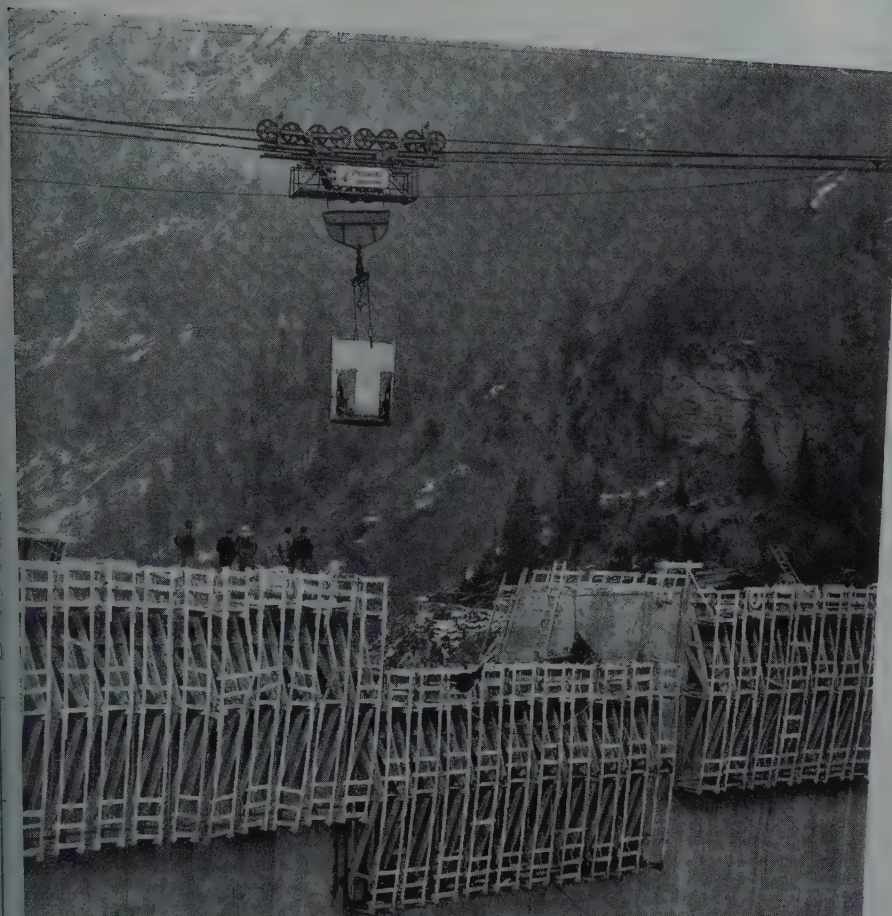
Ein Kompendium zur kritischen
Einführung in die Ordnung
des Verkehrs

Von Dr. jur. THEODOR KREBS,
Regierungsdirektor i. R.,
Lehrbeauftragter für Verkehrsrecht an
der Technischen Hochschule Darmstadt

Mit 1 Tafel. XII, 329 Seiten Gr.-8°. 1960.
Ganzleinen DM 31,50

SPRINGER-VERLAG
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

POHLIG-KABELKRANE



Allein in der Schweiz
wurden in den letzten 8 Jahren
für den Bau von Staumauern
20 POHLIG-Kabelkrane eingesetzt
mit Tragkraft bis 20 t
Hubhöhen bis 275 m
Spannweiten bis 880 m
und Fahrgeschwindigkeiten
von mehr als 360 m/min.

J. POHLIG AKTIENGESELLSCHAFT · KÖLN





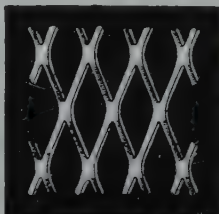
TRASS im BETON

erhöht Homogenität
Pumpfähigkeit • Wasser-
undurchlässigkeit
Widerstandsfähigkeit gegen
aggressive Gase und Wässer

TRASSWERKE MEURIN-ANDERNACH/RH.

Streckmetall

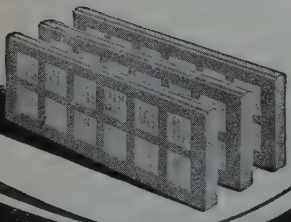
für Gitter und Beläge
für Bauzwecke
als Putzträger und Betoneinlage



SCHÜCHTERMANN & KREMER-BAUM

Aktiengesellschaft für Aufbereitung
DORTMUND • Telefon Sa.-Nr. 30651

... mehr *Licht* durch Rasselsteine



- Glas-
- Stahl-
- Beton-
- Dielen

für Hallendächer,
Decken u. Lichtbänder

Bimsbausteinwerk Rasselstein
DER STAHL- UND WALZWERKE RASSELSTEIN-ANDERNACH A.G. NEUWIED/RH.

Compakta

beseitigt Fußbodenschäden in **Beton, Asphalt, Stein, Steinholz**. Prospekt durch
Baustoff-Chemie, Seebuck/Oberbayern

Einmal gebrauchte, sehr gut erhaltene, rammfähige

Stahlspundwände

mit einwandfreien Schloßern in den Fabrikaten „**Larsen III**“, „**Hoesch III**“ und „**Krupp KN III**“ in Längen zwischen 3 und 8 m laufend und preisgünstig abzugeben.

F. & A. JEHLE OHG., Rastatt-Hügelsheim/Baden
Telefon: Iffezheim 277—278 / Fernschreiber Nr. 0784732

Umschau

Gustav W. Rogge, Bremerhaven, 100jähriges Jubiläum

Am 9. September gedenkt die Firma ihres Gründers *Friedr. Wilhelm Rogge* (geb. 3. August 1835), der, wie fünf seiner unmittelbaren Vorfäter, Zimmermeister war. Zuerst als Bauleiter im Hafentätig, gründete er in dem seit 1860 aufblühenden Wirtschaftsgebiet des heutigen Bremerhavens einen Betrieb für Hoch- und Tiefbau verbunden mit Holzhandel u. Holzindustrie, dessen Arbeitsgebiet bald auf das gesamte nordwestdeutsche Küstengebiet ausdehnte.

Das Unternehmen erweiterte sich zusehends mit wachsendem Baubedarf in den 90er Jahren, als die Söhne *Wilhelm, Georg u. Gustav* leitend in den Betrieb eintraten. Die Firma arbeitete nicht nur beim Ausbau der Häfen, Wasserstraßen, Industrien u. Städte im Bereich von Weser, Elbe, Jade und Ems sowie auf den Nordsee-Inseln, sondern auch an den großen Verkehrsbauten in Ost- und Westdeutschland.

Seit 1932 firmiert der Baubetrieb in Bremerhaven — nunmehr unter Führung der dritten Generation — nach firmenrechtlicher Trennung der Betriebsabteilungen *Gustav W. Rogge*, Bauunternehmung, sein Inhaber ist *Dr.-Ing. Gustav W. Rogge*. — Beachtliche Bauten wurden seitdem in Deutschland und seinen Nachbarländern von der Firma erstellt, wobei der konstruktive Wasserbau neben dem allgemeinen Hoch- und Tiefbau und der Naßbagerei immer mehr Schwergewicht erhielt. Gründungen hochwertiger Bauwerke, Ufermauern auf hohem Pfahlrost mit Rammelementen bis zu 30 m Länge, Hafenmolen verschiedenster Bauarten, Gründungen von Brücken u. Fähranlegern, Slip-, Helgen- und Dockanlagen, Hafen- und Flutdämme, Schleusen, Sperrwerke, aber auch bedeutende Industrieanlagen sind Bauten, die von den Spezialerfahrungen der Firma zeugen.

Direktor Walter Pohl †

Herr Direktor *Walter Pohl*, Direktorialbevollmächtigter der *Wilhelm Gail'schen Tonwerke KG a.A.*, Gießen, ist nach kurzer schwerer Krankheit, kurz vor Vollendung seines 66. Lebensjahres, in Gießen verstorben. In Friedrichsfeld bei Mannheim geboren, entstammt einer Familie, die schon in der dritten Generation aufs engste mit der keramischen Industrie verbunden war.

Nach Ausbildungs- und Studienjahren sowie Tätigkeiten in leitenden Stellungen wurde *Pohl* 1928 Generaldirektor der *Siegersdorfer Werke A.G.* (Niederschlesien), die er dank seiner Tatkraft und seiner überdurchschnittlichen Können zu einem der größten Betriebe der baukeramischen Industrie ausbaute. Das Kriegsende brachte ihm vier schwere Jahre, bis er 1951 Vorstandsmitglied der *Wilhelm Gail'schen Tonwerke* wurde, wo er erneut an den Aufbau eines im Kriege zerstörten Unternehmens heranging. Seine jahrzehntelangen Erfahrungen verbanden sich in idealer Weise mit diesem nahezu 70 Jahre bestehenden Familienunternehmen. Er war maßgeblich an der Gründung des Fachverbandes *Keramische Spaltplatten u. Baukeramik e.V.* Bonn, beteiligt, leitete viele Fachausschüsse und stellte seine überragenden Kenntnisse der Bauwirtschaft uneigennützig zur Verfügung.

Die baukeramische Industrie verliert mit *Walter Pohl* ihren Senior und eine Persönlichkeit, deren menschliche und fachliche Eigenschaften einmalig waren.

Zusammenarbeit in der Fördertechnik

Im Hinblick auf die Aufgaben des gemeinsamen Europäischen Marktes und die vielfältigen Probleme, die sich aus den ständig zunehmenden Lieferungen und der Finanzierung von Großanlagen insbesondere für die Entwicklungsländer ergeben, werden die *Firmen Bleichert-Transport-Anlagen GmbH, „Westdeutschland“ in Köln, Gesellschaft für Förderanlagen E. Heckel m.b.H. in Saarbrücken u. J. Pohlig Akt.-Ges. in Köln* in Zukunft eng zusammenarbeiten.

Diese drei zur *Felten-Gruppe* gehörenden Unternehmen wollen damit einen rationelleren Einsatz ihres großen Mitarbeiterstabes, den Konstruktionsbüros und eine bessere Ausnutzung der vorhandenen Fertigungsmöglichkeiten erreichen. Eine Koordinierung des Vertriebsapparates wird sich auch, obwohl jede der drei Firmen selbständig bleibt, in den Absatzbemühungen erfolgreich auswirken.

Jahresbericht 1959 der Arbeitsgemeinschaft Korrosion

Dieser Bericht, zuerst veröffentlicht in der Zeitschrift „*Werkstoff und Korrosion*“, 1960, Heft 5, ist jetzt als Sonderdruck erschienen und — soweit die Auflage ausreicht — bei der *DECHEMA, Frankfurt (Main) 7*, Postfach, kostenlos erhältlich. Er wurde von der *DECHEMA* im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Korrosion bearbeitet. Im ersten Teil wird über die Entwicklung der Arbeitsgemeinschaft Korrosion berichtet, im zweiten Teil folgen die Tätigkeitsberichte der Fachgruppen der Mitgliedsvereine und im dritten Teil die Tätigkeitsberichte der Vereine, welche der Arbeitsgemeinschaft Korrosion nicht angehören. Damit erfüllt der Bericht die wichtige Aufgabe, allen, die mit Problemen der Korrosion zu tun haben, einen Überblick über die auf diesem Gebiete geleistete Arbeit und Hinweise zu geben, an welche Stellen sie sich gegebenenfalls wenden können.

Merkblätter für sachgemäße Stahlverwendung

Das neue Merkblatt Nr. 265 der Beratungsstelle für Stahlverwendung behandelt das *Rohrnetz für Niederdruckluft im Bergbau*. 16 Seiten DIN A 4 mit 25 Abbildungen. Interessenten können dieses Merkblatt kostenlos von der Beratungsstelle für Stahlverwendung, Düsseldorf, Kasernenstraße 36, beziehen.

GUSTAV W. ROGGE

BAUUNTERNEHMUNG BREMERHAVEN

GRUNDBAU · WASSERBAU · SEE- UND HAFENBAU · INDUSTRIEBAU
RAMMARBEITEN · ERDARBEITEN · NASSBAGGEREI

1860

R

1960

Brunnen- und Schachtbau Wasserversorgung Tiefbohrungen
Kernbohrungen Rütteldruck-Verdichtungen Rüttelfußpfähle
Rüttelzugpfähle und -Anker Pfeilergründungen Stollenbau
Steinskelettbildung Tiefendrainagen Dammverdichtungen
Injektionsbohrungen Verpressungen Ungest. Proben im Sand
Grundwasserabsenkungen Bruchsteinbeton Unterwasserbeton



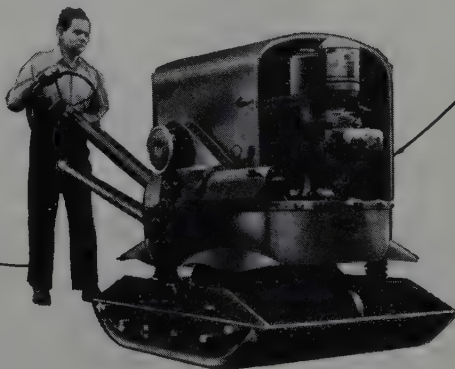
JOHANN KELLER

G. M. B. H.

FRANKFURT/MAIN
RENCHEM/BADEN
HAMBURG
WILHELMSHAVEN

VIBROMAX

Tiefwirkende Bodenverdichtung
durch Plattenrüttler



LOSENHAUSENWERK
DUSSELDORFER MASCHINENBAU A.-G.
DUSSELDORF · GRAFENBERG



Der Schlüssel zur Sicherung Ihrer Bauten:

DEITERMANN - Bautenschutz!

**CERINOL
PLASTIKOL
EUROLAN
RELAX**

Beton- und Mörteldichtungsmittel, Betonverflüssiger, Abbindeverzögerer, Schnellerhärter.

Spachtel- und Streichmasse zur schnellen, dauerhaften Abdichtung und zu Isolierzwecken.

Schutz- und Isolieranstrich gegen Feuchtigkeit, Rost, Dämpfe und chemische Einflüsse.

Schalöl verhindert das Anhaften von Mörtel und Beton an Holz- und Eischalungen.

Fordern Sie ausführliche Prospekte an!
Läger und Verkaufsbüros in allen größeren Städten

DEITERMANN K.G.
Chemische Werke · Datteln i. W.
Ruf: Sammel-Nummer 2186

NEUERSCHEINUNGEN

Projektierung und Vorkalkulation in der chemischen Industrie

Von Dr. phil. HERBERT KÖLBEL,

o. Professor und Direktor des Institutes für Technische Chemie der Technischen Universität Berlin,
ehemals Betriebsdirektor bei der Rheinpreußen AG für Bergbau und Chemie, Homberg (Niederrhein)

und Dr.-Ing. JOACHIM SCHULZE,

Wirtschaftsingenieur und Assistent am Lehrstuhl und Institut für Technische Chemie der Technischen
Universität Berlin

Mit 250 Abbildungen. XVI, 491 Seiten Gr.-8°. 1960.

Ganzleinen DM 61,50

INHALTSÜBERSICHT

Verzeichnis der Symbole und Abkürzungen · Allgemeines · Die Grundlagen der Projektierung · Organisations-
probleme der Projektierung und Vorkalkulation · Die Vorkalkulation · Literaturverzeichnis · Sachverzeichnis.**Stresses in Shells**

By Dr.-Ing. WILHELM FLÜGGE,

Professor of Engineering Mechanics, Stanford University

Mit 244 Abbildungen. XII, 499 Seiten Gr.-8°. 1960. (In englischer Sprache).

Ganzleinen DM 58,80

CONTENTS

General Properties of Stress Systems in Shells · Direct Stresses in Shells of Revolution · Direct Stresses in Cylindrical Shells · Direct Stresses in Shells of Arbitrary Shape · Bending of Circular Cylindrical Shells · Bending Stresses in Shells of Revolution · Buckling of Shells · Appendix: Forces and Deformations in Circular Rings · Bibliography · Index.

Der durchlaufende Bogenträger auf elastischen Stützen mit und ohne Versteifungsträger

Von Dipl.-Ing. ETH WALTER STAMPF, Stockholm

Mit 206 Abbildungen und 2 Tafeln im Text. VIII, 196 Seiten Gr.-8°. 1960.

Ganzleinen DM 37,50

INHALTSÜBERSICHT

Einleitung · Der durchlaufende Bogenträger auf elastischen Säulen · Der durchlaufende Bogenträger auf elastischen Stützen, mit obenliegendem Versteifungsträger · Verwandte Systeme und näherungsweise Berechnung · Anhang: Ein Auflösungsverfahren der Knotenpunktgleichungen mit Hilfe der Festhaltungsmomente · Tafel I und II · Schrifttumverzeichnis · Sachverzeichnis.

Statik der Pfahlwerke

Von Dr.-Ing. habil. FRIEDRICH SCHIEL,

Professor an der Escola de Engenharia de Sao Carlos da Universidade de Sao Paulo

Mit 71 Abbildungen. VIII, 148 Seiten Gr.-8°. 1960.

Ganzleinen DM 24,—

INHALTSÜBERSICHT

Einleitung · Das allgemeine Pfahlwerk · Transformation des Bezugssystems · Das nichtallgemeine Pfahlwerk · Eingespante Pfähle · Nichtelastische Pfahlwerksberechnung · Knickung von Pfahlwerken · Entwurf von Pfahlwerken · Trigonometrische Tafeln · Literatur- und Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Neue Prospekte und Druckschriften

Interessenten an nachstehenden Druckschriften bitten wir, diese unter Hinweis auf „Der Bauingenieur“ direkt bei den genannten Firmen anzufordern

Baumaschinen

Poclain Maschinenbau GmbH., Kehl a. Rhein,
Großherzog-Friedrich-Straße 5.

In folgenden zwei- und mehrfarbigen Druckschriften weist die o. g. Firma auf ihr reichhaltiges Fabrikationsprogramm an Baggern, Greifern und Ladegeräten hin.

Druckschrift „Universal-Bagger Poclain Typ TP“ (DIN A 4, 6 S.): ein Autolader mit 17 verschiedenen Arbeitsausrüstungen.

Druckschrift „Autobagger u. Lader Poclain TY“ (DIN A 4, 6 S.): ein standfester und wendiger Selbstfahrer mit ebenfalls 17 verschiedenen Arbeitsausrüstungen.

Druckschrift „Selbstfahrer Poclain“ (DIN A 4, 6 S.): für Güterumschlag jeder Art, Ausrüstung mit Poly-, Holz-, Kohlengreifer oder Kranhaken.

Druckschrift „Poclain-Bagger TO“ (DIN A 4, 2 S.): ein Einachsanhänger an Unimog. Ausrüstung mit Tieflöffel, Greifer oder Lade- und Planierschaufel.

Federn

Bayerische Schrauben- u. Federnfabriken,
Richard Bergner, Schwabach b. Nürnberg.

Exakt berechnete Maße und Belastungswerte sind die Voraussetzung für technisch einwandfreie und preisgünstige Federn. Eine wesentliche Vereinfachung und Beschleunigung der Berechnungen bringt der „RIBE-Federnrechner“. Mit ihm lassen sich ohne viel Probieren und mit wenigen Einstellungen alle Werte für Zugfedern und zylindrische bzw. konische Druckfedern aus Runddraht von 0,10 bis 10 mm, sowie Biege-(Schenkel-)Federn aus Runddraht von 0,10 bis 4 mm Durchmesser schnell und ausreichend genau ermitteln. Die 46seitige Anleitung enthält außer Erklärungen für die Handhabung des Rechners eine ausführliche „Federnkunde“ mit Konstruktionsrichtlinien und technischen Angaben für die verschiedenen Federnarten.

Schutzgebühr 8,50 DM

Förderanlagen

Leop. Siegle, Abt. 130, Augsburg, Annastraße 8—10.

Prospekt „Gummi-Förderbänder“ (DIN A 4, 6 S.). Der Prospekt gibt eine Übersicht über die lieferbaren Gummi-Förderbänder in Normal- und Sonderausführung.

Sie zeichnen sich aus durch geringes Eigengewicht, Geschmeidigkeit und Elastizität, hohe Zugfestigkeit, große Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beanspruchung und viele chemische Einflüsse.

Pumpen

Friedrich Wilh. Schwing GmbH., Wanne-Eickel,
Postfach 247.

Prospekt „Hydraulische Betonpumpe BP 25“ (DIN A 4, 4 S.). Die vollhydraulische Zweizylinder-Betonpumpe Schwing BP 25 arbeitet nach einem neuen Prinzip. Zwei Kolben schieben hydraulisch den Beton wechselweise, also kontinuierlich, in die Leitung.

Leistung der Pumpe BP 25 bis 25 m³/h. Förderweite etwa 400 m bzw. Förderhöhe etwa 50 m. Einfülltrichter Fassungsvermögen 1000 Liter.

Rostschutzmittel

Corrosion Prevention Ltd., London.
Alleinvertreib für das Bundesgebiet:

C. G. Helling & Co., Hamburg 11, Sandthorquai 1.

Prospekt „Vom Rost bedroht... dann Anagol“ (DIN A 4, 4 S.): Anagol ist ein „flüssiges Metall“, das aus den destillierten Dämpfen siedender Metalle gewonnen, die von einem neuartigen Kunststoff getragen werden, der allein schon höchst widerstandsfähig gegen Rost ist.



IM AUG BEHALTEN

Fordern Sie kostenlose CERESIT-Informationsschriften. Der CERESIT-BERATER stellt seine jahrzehntelangen Erfahrungen in Einsatz und Anwendung von chemischen Baustoffen in Ihren Dienst.

WUNNERSCHE BITUMEN-WERKE GMBH · UNNA



STETTER

ein Lieferprogramm für jeden Bedarf

Hochleistungs-Freifall-Betonmischer mit Rücklauffentleerung 100 bis 1500 Ltr.
Hochleistungs-Doppelrührwellen-Zwangsmischer 500 bis 1500 Ltr.

Hochleistungs-Teller-Zwangsmischer 250 bis 1000 Ltr.

Betonaufbereitungsanlagen in transportabler und stationärer Ausführung 250-1500 Ltr.

Auto-Transportbeton-Mischer für den Aufbau auf Lkw-Fahrgestelle, Anhänger und Sattelaufleger 2500 bis 6000 Ltr.



GEORG STETTER BAUMASCHINENFABRIK KG
MEMMINGEN/ALLGÄU · POSTFACH 58

FERNSCHRIEF: 4222 · TELEFON: STEBA MEMMINGEN · FERNSCHRIEF: 454310

Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik

Von Prof. Dr.-Ing. P. SCHIMPKE, München,
und Ober-Ing. H. A. HORN, Berlin

Dritter Band:

Berechnen und Entwerfen der Schweißkonstruktionen

Unter besonderer Mitarbeit von Dr.-Ing. J. RUGE,
München

Zweite, neubearbeitete Auflage
Mit 814 Abbildungen. XI, 334 Seiten Gr.-8°. 1959.
Ganzleinen DM 33,60

AUS DEN BESPRECHUNGEN

„...Das Buch gehört nicht nur in jedes Konstruktionsbüro, sondern auf jeden Tisch, an dem ein Berechner oder Konstrukteur arbeitet, sowie in die Hand des Schweißingenieurs und seines Assistenten, die die Zeichnungen, die das Konstruktionsbüro der Werkstatt liefert, hinsichtlich der besten Ausführungsmöglichkeit zu überprüfen haben...“ *Blech*

Was ist Stahl?

EINE STAHLKUNDE FÜR JEDERMANN

Von LEOPOLD SCHEER

Elfte, erweiterte Auflage

Mit 49 Abbildungen und einer Tafel.
VIII, 127 Seiten 8°. 1958. DM 7,50

AUS DEN BESPRECHUNGEN

„...Das Buch wendet sich vor allem an die Nichtfachleute auf dem Werkstoffgebiet und dürfte hier eine ganz wesentliche Aufgabe erfüllen angesichts der Tatsache, daß ein großer Teil der in der Technik Tätigen mit der Herstellung, Verarbeitung und Verwendung von Stahl in Berührung kommen, ohne daß ihnen ein umfangreiches Wissen zugemutet werden könnte. Dem Umfang des Büchleins entsprechend sind die einzelnen Kapitel knapp gehalten...“

Schweizerische Bauzeitung

Tragwerke aus Aluminium

Von Dr. sc. techn. LL. D. h. c. Dr.-Ing. h. c. Dr.-Ing. eh.
FRITZ STÜSSI, o. Professor an der Eidgen. Technischen
Hochschule Zürich

Mit 174 Abbildungen. VII, 198 Seiten Gr.-8°. 1955.

Ganzleinen DM 22,50

AUS DEN BESPRECHUNGEN

„...Das Buch zeichnet sich durch eine klare Darstellung aus. Es enthält alle wesentlichen Grundsätze für den Entwurf, die Berechnung und Ausführung von Tragwerken aus Aluminiumlegierungen und ist — besonders für jeden mit der Stahlbauweise vertrauten Ingenieur — ein sehr wertvolles Hilfsmittel.“

VDI-Zeitschrift

Tabellen zur Berechnung von Wasserrohrleitungen

Von Dipl.-Ing. H. MARUNG,
Beratender Bauingenieur

54 Seiten Gr.-8°. 1957. DM 9,60

AUS DEN BESPRECHUNGEN

„Das vorliegende Tabellenbuch zur Berechnung von volllaufenden Kreisrohren ist für die Praxis gedacht. Es umfaßt die Rohrdurchmesser von 40 mm bis zu 500 mm. Die Berechnung erfolgte nach der bekannten Kutter'schen Formel. Die Tabellen zeichnen sich durch ihre geringe Maschenweite (nicht weit über 1vH der Wassermenge) aus, während ältere Tabellen über einen sehr weiten Bereich sich erstrecken und damit für den praktischen Gebrauch nicht immer geeignet sind. Die Genauigkeit der Tabellen liegt über der des hydraulischen Rechenschiebers und entspricht in den Zahlenergebnissen mindestens denen, die sich aus der hydraulischen Rechnung ergeben. Die Handhabung der Tabellen ist einfach. Das Buch kann dem praktisch rechnenden Ingenieur bestens empfohlen werden.“

Gesundheits-Ingenieur

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG



PROLAN
BETON-
VERFLÜSSIGER

PROLANOL
MISCHÖL LP FÜR
BETON-FAHRBAHN-
DECKEN USW.

PROLIT
ABBINDEVERZÖGERER
FÜR BETON

FLUATOL
SCHALUNGS-
MITTEL

PROLAX
-BE-
FÜR ZÄHFESTEN
HAFTMÖRTEL

HANS HAUENSCHILD & HAMBURG-WANDSBEK



Wir liefern aus:

Standssicherheit von Bauten

Bestimmungen für die statische Prüfung genehmigungspflichtiger Bauvorhaben

mit einem Verzeichnis der Prüfämter und Prüflingenieure für Baustatik sowie der Prüfungsgebühren für das Bundesgebiet einschließlich Berlin.

Bearbeitet von Regierungsbaudirektor Dr.-Ing. S. Hasenjäger.

1960. XIV, 226 Seiten DIN A 5, Leinen DM 19,50

Alle genehmigungspflichtigen Bauvorhaben sind auch in statischer Hinsicht von den ordentlichen Baugenehmigungsbehörden zu prüfen. Dies gilt auch für solche Bauvorhaben, die nach § 16 Reichsgewerbeordnung einer besonderen Genehmigung bedürfen. Vermag eine Baugenehmigungsbehörde diese Prüfung nicht selbst vorzunehmen, so hat sie diese durch ein Prüfamt für Baustatik oder einen Prüflingenieur für Baustatik durchführen zu lassen.

Bis zum Jahre 1945 war diese Aufgabe einheitlich durch Reichsverordnung geregelt. Nachdem später die Bauaufsicht eine Hoheitsaufgabe der Länder wurde, haben diese Bestimmungen bei den einzelnen Ländern im Laufe der Zeit verschiedene Änderungen und Ergänzungen erfahren, wie sie jeweils zweckmäßig und notwendig waren. Diese Bestimmungen sind aber inzwischen so umfangreich geworden, daß sie sich nur noch überblicken lassen, wenn man sie entsprechend übersichtlich zusammenfaßt.

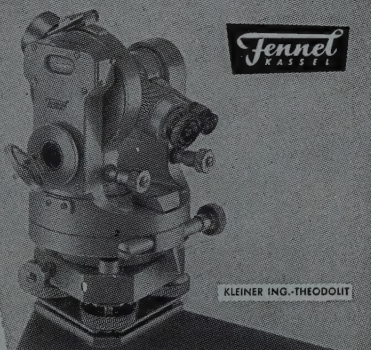


Werner-Verlag Düsseldorf

In jeder Buchhandlung erhältlich

VERMESSUNGS-INSTRUMENTE

Nivelliere
Theodolite
Tachymeter
Grubengeräte
und Zubehör



KLEINER ING.-THEODOLIT

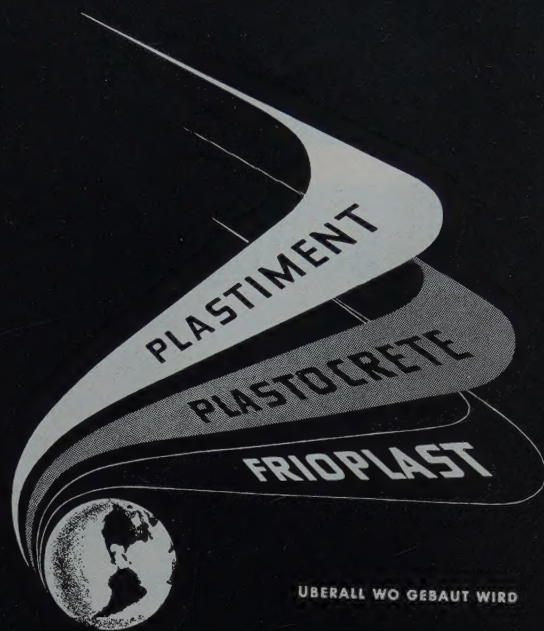
OTTO FENNEL SÖHNE KG · KASSEL

ein
guter
wurf

ist die Entscheidung für
vandex
isoliermittel
gegen Wasser
und Feuchtigkeit



VANDEX ISOLIERMITTEL-GESELLSCHAFT MBH.
HAMBURG-STELLINGEN
KIELER STRASSE 335c



PLASTIMENT GMBH KARLSRUHE

ERBPINZENSTR. 31 · FERNRUF 26923 · FERNSCHR. 0782616

STELLENANGEBOTE

Gemischtes Hüttenwerk im Ruhrgebiet sucht für
das Technische Büro einen

Hochbauingenieur

mit abgeschlossener Fachausbildung, vorwiegend
für bauaufsichtliche Aufgaben, sowie für Planung,
Ausschreibung, Bauleitung und Abrechnung von
Hochbauten (Bürogebäude, Waschkäusen usw.).

Bewerber müssen über ausreichende praktische Er-
fahrungen und statische Kenntnisse verfügen.

Ausführliche Bewerbungen mit Lebenslauf, Licht-
bild, Zeugnisabschriften, sowie Referenzen, An-
gabe des Gehaltsanspruchs und der ehestmöglichen
Dienstaufnahme sind zu richten unter „Der Bau-
ingenieur 1135“ an die Anzeigenabteilung des
Springer - Verlages, Berlin - Wilmersdorf, Heidel-
berger Platz 3.

Fortsetzung der Stellenangebote

Wir sind ein mittlerer Betrieb der Bauindustrie im nördlichen Ruhrgebiet, spezialisiert auf die Herstellung von Stahlbetonfertigteilen, und suchen im Zuge der Erweiterung des technischen Stabes erfahrene

Bauingenieure / Bauzeichner

mit konstruktiver Begabung für die Entwicklung und Bearbeitung von Fertigbeton-Konstruktionen aus Stahl- und Spannbeton. Es handelt sich um eine ausbaufähige Dauerposition. Für Wohnraumbeschaffung wird Sorge getragen.

Wir bitten die Interessenten um Einreichung der üblichen Bewerbungsunterlagen, wie Lichtbild, handgeschriebener Lebenslauf, Zeugnisabschriften, unter Bekanntgabe des frühesten Eintrittstermins und der Einkommenswünsche.

Betonwarenfabrik J. Stewing, Dorsten i. W., Barbarastraße 50

Hochbau-Ingenieur

als Bauleiter, firm in Ausschreibung, Bauführung und Abrechnung, für sofort oder später von Architekturbüro im Ruhrgebiet gesucht.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen und Gehaltsansprüchen unter **NZ 2355** an **WERBEG, Werbe- u. Anzeigengesellschaft, Dortmund, Friedhof 4.**

Diplom-Ingenieur

(Bauingenieurwesen)

für die Durchführung von Forschungsaufgaben oder die Bearbeitung von Grundbaufragen gesucht.

Vergütung nach TO. A.

Bewerbungen mit handschriftlichem Lebenslauf, Lichtbild usw. an die **Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Hertzstr. 16.**

Die Stadt Kiel sucht für sofort oder später

Statiker

mit mehrjähriger erfolgreicher praktischer Tätigkeit im konstruktiven Ingenieurbau, weitreichenden Erfahrungen in Konstruktion, Berechnung und Bauausführung.

Vergütung nach TO. A.

Trennungsentschädigung wird ggfs. nach den für die Stadt Kiel geltenden Bestimmungen gewährt.

Bewerbungen mit Lichtbild und den üblichen Unterlagen werden bis zum Ablauf von 2 Wochen nach Erscheinen dieser Anzeige an das **Personalamt der Stadt Kiel** erbeten.



Erfahrene

Bauführer

für Tief- und Ingenieurbauten gesucht.

Bewerbungen unter Beifügung eines Lebenslaufes und von Zeugnisabschriften mit Angabe des möglichen Eintrittstages und der Gehaltsansprüche erbeten.

Max Giese, Stahlbetonbau GmbH, Kiel, Forstweg 6

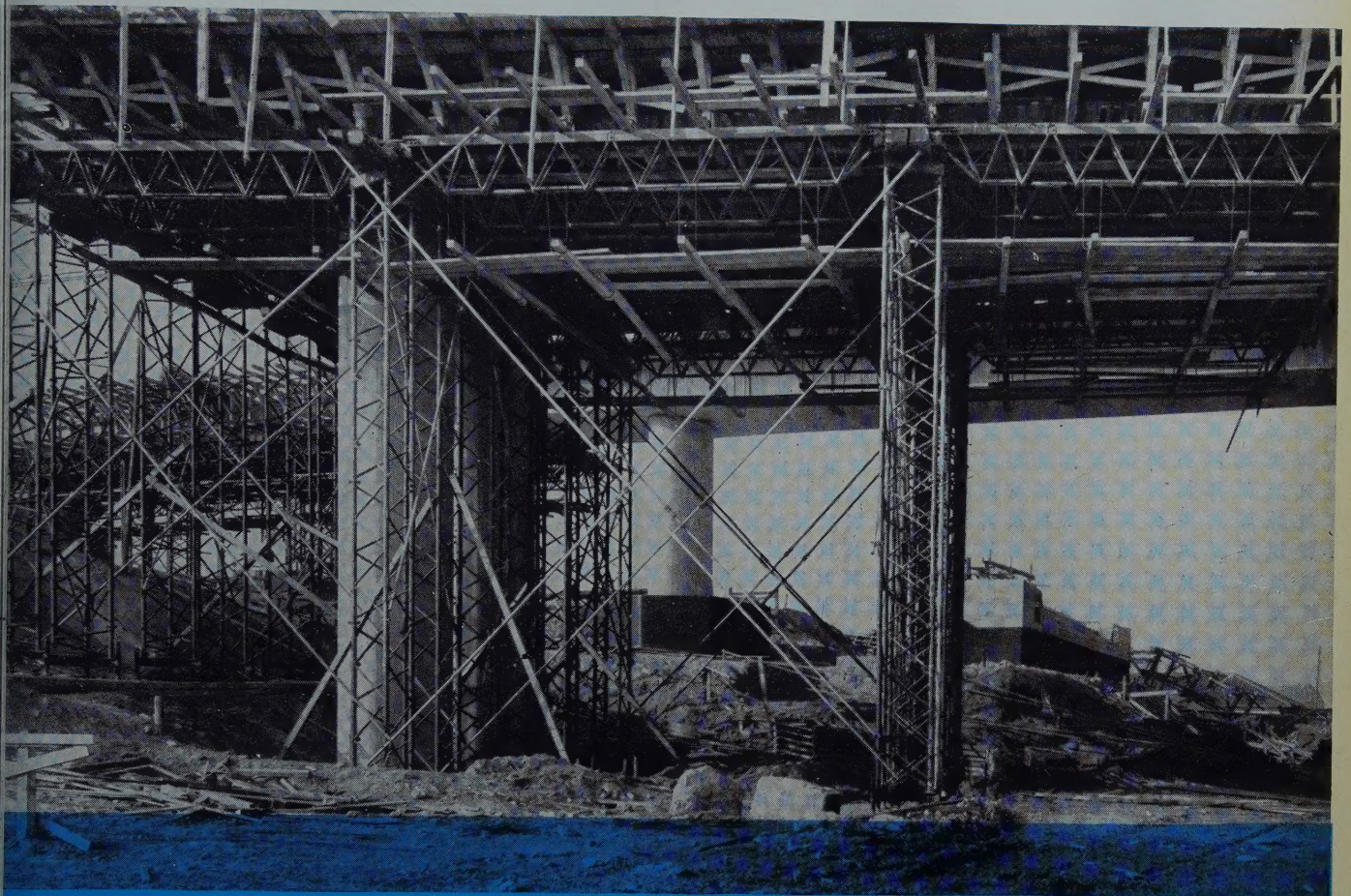
Für den Textteil verantwortlich: Professor Dr.-Ing. K. Sattler, Berlin; für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Bln.-Wilmsdorf, Heidelberger Platz
Druck: Deutsche Zentraldruckerei A.-G., Berlin SW 61. — Springer-Verlag/Berlin-Göttingen-Heidelberg. — Printed in Germany

Dieses Heft enthält je eine Beilage der Augsburger Waagenfabrik Ludwig Pfister KG., Augsburg, sowie Johann Wissler GmbH, Großostheim bei Aschaffenburg

Hochstraße Düsseldorf-Heerdt.

Einrüstung mit Hünnebeck-Rüstträgern SL15 und faltbaren Dreirohrstützen. Spannweiten der Brückenfelder 19,00 - 30,00 m. Gesamtlänge ca. 600 m.

Ausführung ARGE Heerdter Hochstraße: Dyckerhoff & Widmann KG, Beton- und Monierbau AG, Rhein-Ruhr-Bau GmbH, Ed. Züblin AG.



Wirtschaftliches Schalen und Rüsten mit Hünnebeck-Geräten

Bitte, informieren Sie sich unverbindlich über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten unserer Schalungs- und Rüstgeräte. Gern werden wir Sie beraten. Kostenlos fertigen wir für Sie Einschaltungspläne und betreuen Ihre Baustellen.



Deutsche Stahllamelle Hünnebeck GmbH Düsseldorf



KRUPP

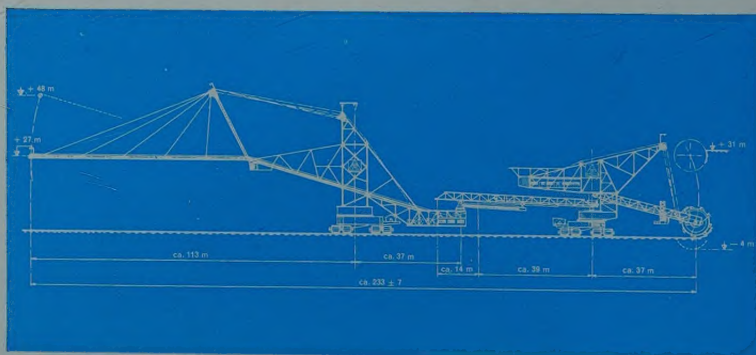


Der kürzeste Weg von der Gewinnung zur Kippe gewährleistet die niedrigsten Gesteungskosten je Kubikmeter Abraum. Er sichert einen wirtschaftlichen Abbau auch geringmächtiger Kohlenflöze bei großer Abraumüberlagerung.

Bilder:

Krupp-Schaufelradbagger und Absetzer beim Freilegen des Braunkohlenflözes von Arjuzanx (Frankreich).

Maximale Abtragshöhe: 31 m
Förderleistung: 1500 m³/h gew. Boden
Länge des Abwurfauflagers: 113 m
Gesamte Länge der Anlage: 240 m
Baujahr: 1959
Besteller: Electricité de France



FRIED. KRUPP MASCHINEN- UND STAHLBAU RHEINHAUSEN